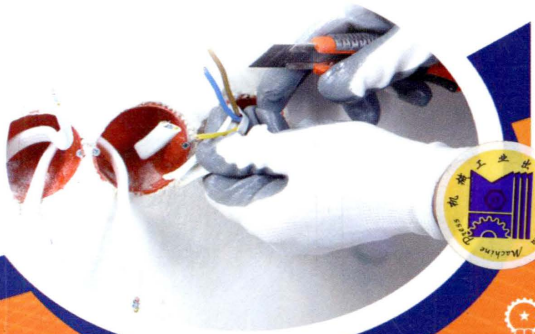
随时随地轻松学电工丛书



电工常用维修技能随身学

凌玉泉　黄海平　等编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

随时随地轻松学电工丛书

电工

常用维修技能随身学

凌玉泉　黄海平　等编

机械工业出版社

本书较全面地介绍了电工在维修中常用的必要操作技能，并对维修工作中常见的电气设备应用与检修做了详解，本书共分 8 章，内容包括：维修电工应具备的安全知识，维修电工基本操作技能，维修电工常用工具和仪表，低压电器的应用与检修，电工常用配电控制电路、机床控制应用与维修，照明装置的安装与检修，电动机应用与维修，变频器与软起动设备应用与故障维修。

本书内容新、知识广，具有随身带、随时学、随时查、随时用的新特色，适合广大城乡初、中级电工人员，特别是维修电工人员阅读参考，对大专院校以及职业技术学院的相关专业师生也非常实用，另外也可对就业前培训以及下岗职工再就业人员有阅读参考的价值。

前言

目前，随着电气化日新月异的发展，为了满足广大维修电工人员的实际需求，我们根据多年来的实际电工工作经验，以图文并茂的方式，编写了本书，目的是给初、中级电工人员在工作实际应用中提供更贴切的维修技术和技能上的参考与帮助，以便使电工读者更好地将维修实用技术应用到自己的工作当中，从而解决在实际工作中的许多具体问题，取得立竿见影的良好效果。

本书重点编写了维修电工实用技术和操作技能，突出了实用性和可操作性，书中配有大量插图和表格，内容简洁丰富，形象直观，能让读者在轻松、直观中理论联系实际，从而能学到、查到、用到更需要的电工维修知识和技能。

本书具有随身带、随时学、随时查、随时用的新特色。以帮助读者解决一些电工工作中常遇到的维修问题以及难题，既有电工基本技能，又有操作方法和维修经验技巧，本书重点突出电工操作接线、焊接以及钳工基本技能，对软起动器、变频器设备等新技术的应用也有所讲解，同时汇总了工作中总结的大量的维

修方法与技巧，以飨于广大从事电工实际维修工作的朋友们。

参加本书编写的人员还有：黄鑫、李燕、王兰君、张扬、刘彦爱、高惠瑾、凌万泉、李渝陵、朱雷雷、凌珍泉、贾贵超、刘守真、谭亚林。

由于作者水平所限，书中难免出现错误和疏漏，敬请广大读者批评指正。

作　者

目 录

前言

第1章 维修电工应具备的安全知识 …… 1
1.1 安全用电常识 …… 1
1.1.1 安全用电注意事项 …… 1
1.1.2 电气消防常识 …… 3
1.1.3 灭火器的使用常识 …… 4
1.1.4 触电急救常识 …… 7
1.1.5 触电急救方法 …… 10
1.2 接地装置的安装 …… 13
1.2.1 接地和接零 …… 13
1.2.2 接地体的安装 …… 19
1.3 防雷保护 …… 23
1.3.1 雷电的种类及危害 …… 23
1.3.2 防雷措施 …… 24

第2章 维修电工基本操作技能 …… 28
2.1 导线绝缘层的剖削 …… 28
2.1.1 塑料绝缘单芯线绝缘层的剖削 …… 28

2.1.2　橡皮绝缘线线头绝缘层的剖削 …… 29
2.1.3　橡皮绝缘软线线头绝缘层的剖削 …… 30
2.1.4　塑料护套线线头绝缘层的剖削 …… 31
2.2　导线的连接 …… 31
2.2.1　单股铜芯导线的直线连接 …… 31
2.2.2　单股铜芯导线的 T 形分支连接 …… 32
2.2.3　7 股铜芯导线的直线连接…… 32
2.2.4　7 股铜芯导线的 T 形分支连接…… 34
2.2.5　线头与接线桩的连接 …… 35
2.2.6　导线绝缘层的恢复 …… 36
2.3　手工攻螺纹…… 36
2.3.1　攻螺纹工具…… 36
2.3.2　攻螺纹的操作方法…… 39
2.4　手工套螺纹…… 40
2.4.1　套螺纹的工具…… 40
2.4.2　套螺纹的操作方法…… 42
2.5　安装木榫、胀管和膨胀螺栓…… 42
2.5.1　木榫的安装…… 42
2.5.2　胀管的安装…… 45
2.5.3　膨胀螺栓的安装…… 47
2.6　手工电弧焊…… 49
2.6.1　电弧焊工具…… 49
2.6.2　焊接头的形式…… 52
2.6.3　焊接方式…… 53
2.6.4　操作步骤和方法…… 54

第3章 维修电工常用工具和仪表 …… 59
3.1 电工常用工具 …… 59
3.1.1 低压验电笔 …… 59
3.1.2 高压验电笔 …… 61
3.1.3 螺丝刀 …… 62
3.1.4 钢丝钳 …… 63
3.1.5 尖嘴钳 …… 64
3.1.6 斜嘴钳 …… 64
3.1.7 剥线钳 …… 65
3.1.8 电工刀 …… 65
3.1.9 活扳手 …… 66
3.1.10 紧线器 …… 67
3.1.11 顶拔器 …… 69
3.1.12 手摇绕线机 …… 69
3.1.13 短路侦察器 …… 70
3.1.14 冲击钻 …… 71
3.1.15 电锤 …… 73
3.1.16 喷灯 …… 74
3.1.17 电烙铁 …… 76
3.2 常用仪表及其故障检修 …… 79
3.2.1 电流表 …… 79
3.2.2 电压表 …… 83
3.2.3 电能表 …… 87
3.2.4 万用表 …… 102
3.2.5 钳形电流表 …… 113

3.2.6　绝缘电阻表 …… 116
3.2.7　接地电阻测量仪 …… 125

第4章　低压电器的应用与检修 …… 128
4.1　开启式负荷开关 …… 128
4.1.1　开启式负荷开关的型号 …… 128
4.1.2　HK 系列开启式负荷开关的基本技术参数 …… 128
4.1.3　开启式负荷开关的选用 …… 130
4.1.4　开启式负荷开关的安装及使用注意事项 …… 130
4.1.5　开启式负荷开关的常见故障及检修方法 …… 130
4.2　封闭式负荷开关 …… 132
4.2.1　封闭式负荷开关的型号 …… 132
4.2.2　封闭式负荷开关的技术参数 …… 133
4.2.3　封闭式负荷开关的选用 …… 134
4.2.4　封闭式负荷开关的安装及使用注意事项 …… 134
4.2.5　封闭式负荷开关的常见故障及检修方法 …… 135
4.3　熔断器式刀开关 …… 136
4.3.1　熔断器式刀开关的型号 …… 136
4.3.2　熔断器式刀开关的主要技术参数 …… 137
4.3.3　熔断器式刀开关的安装及使

用注意事项 …… 138
4.4　组合开关 …… 139
4.4.1　组合开关的型号 …… 140
4.4.2　HZ10 系列组合开关的主要技术参数 …… 140
4.4.3　组合开关的选用 …… 140
4.4.4　组合开关的安装及使用注意事项 …… 141
4.4.5　组合开关的常见故障及检修方法 …… 141
4.5　低压熔断器 …… 142
4.5.1　几种常用的熔断器 …… 143
4.5.2　熔断器的选用 …… 149
4.5.3　熔断器的安装及使用注意事项 …… 150
4.5.4　熔断器的常见故障及检修方法 …… 151
4.6　低压断路器 …… 153
4.6.1　低压断路器的型号 …… 154
4.6.2　低压断路器的主要技术参数 …… 154
4.6.3　低压断路器的选用 …… 158
4.6.4　低压断路器的安装、使用和维护 …… 159
4.6.5　低压断路器的常见故障及检修方法 …… 161
4.7　交流接触器 …… 164
4.7.1　交流接触器的型号 …… 167
4.7.2　交流接触器的主要技术参数 …… 168
4.7.3　交流接触器的选用 …… 171
4.7.4　交流接触器的安装、使用和维护 …… 172
4.7.5　接触器的常见故障及检修方法 …… 174
4.8　热继电器 …… 177
4.8.1　热继电器的型号 …… 178

4.8.2　热继电器的主要技术参数 …… 178
4.8.3　热继电器的选用 …… 179
4.8.4　热继电器的安装、使用和维护 …… 180
4.8.5　热继电器的常见故障及检修方法 …… 182
4.9　时间继电器 …… 184
4.9.1　时间继电器的型号 …… 184
4.9.2　时间继电器的主要技术参数 …… 185
4.9.3　时间继电器的选用 …… 187
4.9.4　时间继电器的安装、使用和维护 …… 187
4.9.5　时间继电器的常见故障及检修方法 …… 188
4.10　中间继电器 …… 189
4.10.1　中间继电器的型号 …… 190
4.10.2　中间继电器的主要技术参数 …… 190
4.10.3　中间继电器的选用 …… 190
4.11　过电流继电器 …… 191
4.11.1　过电流继电器的型号 …… 192
4.11.2　过电流继电器的主要技术参数 …… 192
4.11.3　过电流继电器的选用 …… 192
4.11.4　过电流继电器的安装、使用和维护 …… 193
4.12　速度继电器 …… 193
4.12.1　速度继电器的型号 …… 194
4.12.2　速度继电器的主要技术参数 …… 195
4.12.3　速度继电器的选用及使用 …… 195
4.13　预置数数显计数继电器 …… 195
4.13.1　计数方式 …… 196
4.13.2　其他参数 …… 196

4.13.3　使用注意事项 …… 197
4.14　控制按钮 …… 197
4.14.1　控制按钮的型号 …… 198
4.14.2　控制按钮的主要技术参数 …… 199
4.14.3　控制按钮的选用 …… 199
4.14.4　控制按钮的安装和使用 …… 200
4.14.5　控制按钮的常见故障及检修方法 …… 200
4.15　行程开关 …… 201
4.15.1　行程开关的型号 …… 202
4.15.2　行程开关的主要技术参数 …… 202
4.15.3　行程开关的选用 …… 202
4.15.4　行程开关的安装和使用 …… 202
4.15.5　行程开关的常见故障及检修方法 …… 204

第5章　电工常用配电控制电路、机床控制应用与维修 …… 205
5.1　三相电动机控制电路故障检修 …… 205
5.1.1　电动机单向控制电路故障检修 …… 205
5.1.2　电动机点动、正反转控制电路故障检修 …… 211
5.1.3　电动机Y－△减压起动控制电路故障检修 …… 217
5.2　C650 型卧式车床控制电路 …… 219
5.3　Z35 型摇臂钻床电气故障检修 …… 221
5.3.1　Z35 型摇臂钻床的电气控制电

路及工作原理 …… 221
5.3.2 Z35 型摇臂钻床的常见电气故障及检修方法 …… 224
5.4 CW6163B 型车床控制电路 …… 229
5.5 数控机床控制系统的常见电气故障及检修方法 …… 232

第6章 照明装置的安装与检修 …… 237
6.1 开关的安装 …… 237
6.1.1 拉线开关的安装 …… 237
6.1.2 暗扳把式开关的安装 …… 237
6.1.3 跷板式开关的安装 …… 239
6.1.4 声光双控照明楼梯延时灯开关的安装 …… 239
6.2 插座的安装 …… 240
6.2.1 插座的接线 …… 240
6.2.2 插座暗装 …… 242
6.2.3 单相临时多孔插座的安装 …… 243
6.2.4 三脚插头的安装 …… 244
6.3 白炽灯的安装与检修 …… 245
6.3.1 白炽灯的常用控制电路 …… 245
6.3.2 白炽灯的安装方法 …… 246
6.3.3 矮脚式电灯的安装 …… 249
6.3.4 吸顶灯的安装 …… 250
6.3.5 壁灯的安装 …… 251
6.3.6 双联开关两地控制一盏灯的安装 …… 253

6.3.7 花灯的安装 …… 254
6.3.8 白炽灯的常见故障及检修方法 …… 255
6.4 荧光灯的安装与检修 …… 256
6.4.1 荧光灯常用电路 …… 256
6.4.2 荧光灯的安装 …… 257
6.4.3 荧光灯的常见故障及检修方法 …… 261
6.5 格栅灯的安装方法 …… 265
6.6 高压汞灯的安装与检修 …… 266
6.6.1 高压汞灯的安装 …… 266
6.6.2 高压汞灯的常见故障及检修方法 …… 268
6.7 碘钨灯的安装与检修 …… 269
6.7.1 碘钨灯的安装 …… 269
6.7.2 碘钨灯的常见故障及检修方法 …… 271

第7章 电动机应用与维修 …… 272
7.1 三相异步电动机的结构和工作原理 …… 272
7.1.1 三相异步电动机的基本结构 …… 272
7.1.2 三相异步电动机的工作原理 …… 275
7.2 三相异步电动机的铭牌 …… 276
7.2.1 铭牌的一般形式 …… 277
7.2.2 铭牌的含义 …… 277
7.3 三相异步电动机的选择和安装使用 …… 282
7.3.1 电动机的选择 …… 282
7.3.2 电动机的安装 …… 286
7.3.3 电动机的使用 …… 295

7.3.4　电动机定子绕组首、尾端的判别 …… 298
7.3.5　电动机的接线 …… 300
7.4　三相异步电动机的电气控制 …… 301
7.4.1　电动机全压起动控制 …… 301
7.4.2　电动机正反转控制 …… 305
7.4.3　电动机减压起动控制 …… 311
7.4.4　电动机制动控制 …… 317
7.5　三相异步电动机的维护和检查 …… 322
7.5.1　电动机的维护 …… 322
7.5.2　电动机的拆卸和装配 …… 326
7.5.3　电动机常见故障的检查 …… 335
7.6　三相异步电动机的故障维修 …… 341

第8章　变频器与软起动设备应用与故障维修 …… 354
8.1　变频器 …… 354
8.2　变频器的实际应用电路 …… 359
8.3　艾默生 TD3000 系列变频器的常见故障及检修方法 …… 365
8.4　康沃 CVF－G2 系列变频器的常见故障及检修方法 …… 370
8.5　软起动器 …… 372
8.6　软起动器的电气控制电路 …… 373
8.7　西普 STR 软起动器一台控制两台电动机电路 …… 376

8.8 西普 STR 软起动器一台起动两台
电动机电路 …… 377
8.9 ABB PST/PSTB 软起动器的常见故障
及检修方法 …… 379
8.10 奥托软起动器 QB3、QB4 的常见故障及
检修方法 …… 380
8.11 WJR 节电型软起动器的常见故
障及检修方法 …… 382
8.12 摩普 XLD 系列软起动器的常见故障
及检修方法 …… 383
8.13 摩普 PSI、VLC/VLS 系列软起动器的
常见故障及检修方法 …… 386



维修电工应具备的安全知识

1.1 安全用电常识

1.1.1 安全用电注意事项

1）导线、接头、插座、接线盒要分布放置，连接应符合规范，不得乱拉乱接电线，要注意导线连接处应有良好的绝缘。

2）室内布线及电器设备不可有裸露的带电体，对于裸露部分应包上绝缘带或装设罩盖。当刀开关罩盖、熔断器、按钮盒、插头、插座等有破损而使带电部分外露时，应及时更换，不可将就使用。

3）在高温、潮湿和有腐蚀性气体的场所，如厨房、浴室、卫生间等，不允许安装一般的插头、插座，应选用有罩盖的防溅型插座。检修这类场所的灯具时，特别要注意防止触电，最好停电后进行检修。

4）开关要装在相线上，不能装在零线上。采用螺口灯座时，相线必须接在灯座的顶芯上；灯泡拧进后，金属部分不可外露。悬挂吊灯的灯头离地面的高度不应小于2m。

5）安装电灯严禁用“一线一地”（即用铁丝或铁棒插入地下代替零线）的做法。

6）更换灯泡时要先关闭电源，人站在木凳或干燥的木板上，使人体与地面绝缘。

7）在一个插座上不应接过多的用电器；根据电能表（也称为电度表 ）和导线用电量限度，不可超负载用电。

8）不可用湿手接触带电的开关、灯座、导线和其他带电体。

9）使用家用电器，特别是新购买的电器，要事先了解其性能、特点、使用方法以及注意事项，防止乱动。

10）有金属外壳的家用电器，如电冰箱、电扇、电熨斗、电烙铁、电热炊具等，要用有接地极的三极插头和三孔插座，而且要求接地装置良好，或者加装触电保安器。当不能满足这些要求时，至少应采取电气隔离措施。

11）不可将照明灯、电熨斗、电烙铁等器具的导线绕在手臂上进行工作。

12）用电器具出现异常，如电灯不亮，电视机无影像或无声音，电冰箱、洗衣机不能起动等情况时，要先断开电源，再作修理。

13）电器设备工作时，不允许以拖拉电源线的方式来搬移电器。用电设备不用时应及时切断电源。尽量避免雨天修理户外电器设备或移动带电的电器设备。

14）临时使用的电线要用绝缘电线、橡皮绝缘软线（俗称花线）、电缆等，禁止使用裸导线，并且不得随地

乱拖，要尽可能吊挂起来。临时线用毕后应及时拆除，不要长久带电。临时线的绝缘性能也要符合要求，不可用老化破旧的电线。临时线拆除时需先切断电源，并从电源端拆向负载；而安装时，顺序与此相反，即电路全部安装完毕最后才能接通电源。

15）禁止在电线上晾衣服、挂东西。不要接近已断了的电线，更不可直接接触。雷雨时不要接近避雷装置的接地极。

16）尽可能不要带电修理电器和电线。在检修前，应先用验电笔检测是否带电，经确认无电后方可工作。另外，为防止电路突然来电，应拉开刀开关、拔下熔断器盖并带在身上。

1.1.2　电气消防常识

在电的生产、传输、变换和使用过程中，由于电路短路、接点发热、电动机电刷打火，电动机长时间过载运行、油断路器或电缆头爆炸、低压电器触头分合、熔断器熔断、电热设备使用不当等原因，可能引起电气火灾。作为电气操作人员应该掌握必要的电气消防知识，以便在发生电气火灾时，能运用正确的灭火知识，指导和组织人员迅速灭火。

1）电气火灾的危害性很大，一旦发生，将损失惨重。因此，对电气火灾一定要贯彻“预防为主”的原则，防患于未然。

2）发生火灾时，不要惊慌，要迅速报警；要尽快切断电源，防止火势蔓延。

3）不可用水和泡沫灭火器灭火（尤其是油类火警），应

采用黄沙、二氧化碳、1211、四氯化碳、干粉灭火器灭火。

4）灭火人员不可使身体及手中的灭火器碰触到有电的导线或电气设备，防止灭火时发生触电事故，如果电线断落在地上，灭火人员最好穿绝缘鞋。

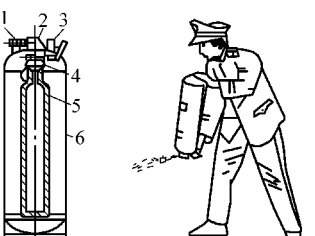
5）在危急情况下，为了争取灭火的主动权，争取时间控制火势，在保证人身安全的情况下可以带电灭火，在适当时机再切断电源，但千万要注意安全。

6）对于旋转电机火灾，为防止矿物性物质落入设备内部，击穿电机的绝缘，一般不宜用干粉、砂子、泥土灭火。

1.1.3　灭火器的使用常识

1. 泡沫灭火器的使用

泡沫灭火器适用于扑救油脂类、石油类产品及一般固体物质的初期火灾。泡沫灭火器只能立着放置。其使用方法如图 1-1 所示。



a) 普通式结构　　b) 使用方法

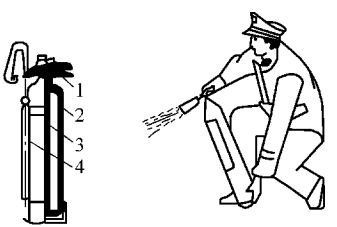
图 1-1　泡沫灭火器的使用方法

1—喷嘴　2—筒盖　3—螺母
4—瓶胆盖　5—瓶胆　6—筒身

泡沫灭火器筒身内悬挂装有硫酸铝水溶液的玻璃瓶或聚乙烯塑料制成的瓶胆。筒身内装有碳酸氢钠与发泡剂的混合溶液。使用时将筒身颠倒过来，碳酸氢钠与硫酸两溶液混合后发生化学作用，产生二氧化碳气体泡沫由喷嘴喷出。对准被灭火物持续喷射，大量的二氧化碳气体覆盖在物体表面，使其与氧气隔绝，即可将火势控制。使用时，必须注意不要将筒盖、筒底对着人体，以防万一爆炸伤人。

2. 二氧化碳灭火器的使用

二氧化碳灭火器主要适用于扑救贵重设备、档案资料、仪器仪表、额定电压 600V 以下的电器及油脂等的火灾，但不适用于扑灭金属钾、钠的燃烧。二氧化碳灭火器分为手轮式和鸭嘴式两种手提式灭火器，鸭嘴式二氧化碳灭火器的使用方法如图 1-2 所示。



a) 结构图　　b) 使用方法

图 1-2　鸭嘴式二氧化碳灭火器的使用方法

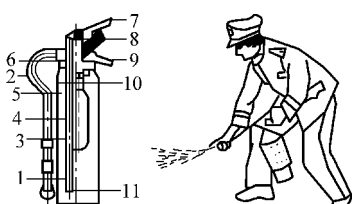
1—启闭阀门　2—器桶　3—虹吸管　4—喷筒

二氧化碳灭火器的钢瓶内装有液态的二氧化碳，使用

时液态二氧化碳从灭火器喷嘴喷出后迅速蒸发，变成固体雪花状的二氧化碳。固体二氧化碳在燃烧物体上迅速挥发而变成气体。当二氧化碳气体在空气中含量达到 30% ~ 35%时，物质燃烧就会停止。鸭嘴式二氧化碳灭火器使用时，一手拿喷筒对准火源，一手握紧鸭舌，气体即可喷出。二氧化碳导电性差，电压超过 600V 必须先停电后灭火，二氧化碳怕高温，存放地点温度不应超过 42℃。使用时不要用手摸金属导管，也不要把喷筒对着人，以防冻伤。喷射方向应顺风，切勿逆风使用。

3. 干粉灭火器的使用

干粉灭火器主要适用于扑救石油及其产品、可燃气体和电器设备的初期火灾。其使用方法如图 1-3 所示。



a) 结构图　　b) 使用方法

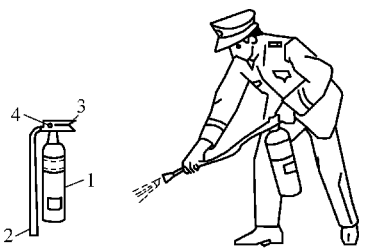
图 1-3　干粉灭火器的使用方法

1—进气管　2—喷管　3—出粉管　4—钢瓶
5—粉筒　6—筒盖　7—后把　8—保险销
9—提把　10—钢字　11—防潮堵

使用干粉灭火器时，先打开保险销，把喷管口对准火源，另一手紧握导杆提环，将顶针压下，干粉即喷出。

4. 1211 灭火器的使用

1211 灭火器适用于扑救油类、精密机械设备、仪表、电子仪器、设备及文物、图书、档案等贵重物品的初起火灾。其使用方法如图 1-4 所示。



a)结构图　　b)使用方法

图 1-4　1211 灭火器的使用方法

1—筒身　2—喷嘴　3—压把　4—安全销

1211 灭火器钢瓶内装满二氟一氯一溴甲烷的卤化物，是一种使用较广的灭火器。使用时，拔掉保险销，然后用力握紧压把，由压杆使密封阀开启，在氮气压力作用下，灭火剂喷出。灭火时，应垂直操作，不可平放和颠倒使用，喷嘴要对准火焰根部，沿顺风左右扫射，并快速向前推进，当火扑灭后，松开压把，喷射即停止。

1.1.4　触电急救常识

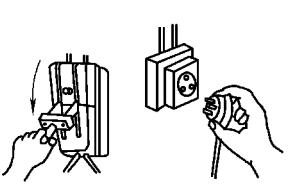
人体触电后，除特别严重当场死亡外，常常会暂时失去知觉，形成假死。如果能使触电者迅速脱离电源并采取正确的救护方法，可以挽救触电者的生命。实验研

究和统计结果表明，如果从触电后 1min 开始救治，则 90% 触电者可以救活；从触电后 6min 开始救治，则仅有 10% 触电者可能救活；如果触电后 12min 开始救治，触电者救活的可能性极小。因此，使触电者迅速脱离电源是触电急救的重要环节。当发生触电事故时，抢救者应保持冷静，争取时间，一面通知医务人员，一面根据伤害程度立即组织现场抢救。切断电源要根据具体情况和条件采取不同的方法，如急救者离开关或插座较近，应迅速拉下开关或拔出插头，以切断电源，如图 1-5a 所示；如距离较远，应使用干燥的木棒、竹竿等绝缘物将电源移掉，如图 1-5b 所示；如附近没有开关、插座等，则可用带绝缘手柄的钢丝钳从有支撑物的一端剪断电线，如图 1-5c 所示；如果身边什么工具都没有，可以用干衣服或者干围巾等将自己一只手厚厚地包裹起来，拉触电者的衣服，附近有干燥木板时，最好站在木板上拉，使触电者脱离电源，如图 1-5d 所示。总之，要迅速用现场可以利用的绝缘物，使触电者脱离电源，并要防止救护者触电。

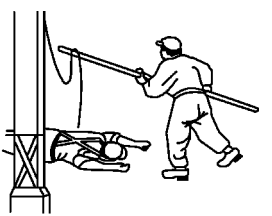
当触电者脱离电源后，应立即将其移至附近通风干燥的地方，松开其衣裤，使其仰天平躺，并检查其瞳孔、呼吸、心跳与知觉情况，初步了解其受伤害程度。

轻微受伤者一般不会有生命危险，应给予关心、安慰；对触电后精神失常者，应使其保持安静，防止其狂奔或伤人；对失去知觉，呼吸不齐、微弱或完全停止，但还

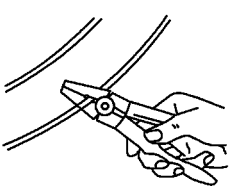
有心跳者，应采用“口对口人工呼吸法”进行抢救；对有呼吸，但心跳不规则、微弱或完全停止者，应采用“胸外心脏按压法”进行抢救；对呼吸与心跳均完全停止者，应同时采用“口对口人工呼吸法”和“胸外心脏按压法”进行抢救。抢救者不要紧张、害羞，方法要正确，力度要适中，争分夺秒，耐心细致。



a) 拉闸断电



a) 挑线断电



c) 断线断电

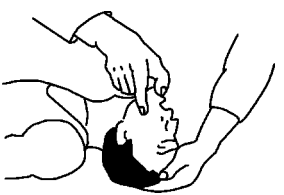
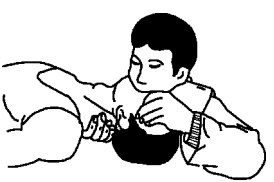


d) 拉离断电

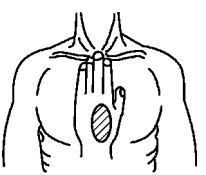
图 1-5　使触电者脱离电源的方法

1.1.5　触电急救方法（见表 1-1）

表 1-1　触电急救方法

急救方法	适用情况	图示	实施方法
口对口人工呼吸法	触电者有心跳而呼吸停止		将触电者仰卧，解开衣领和裤带，然后将触电者头偏向一侧，张开其嘴，用手指清除口腔中的假牙、血等异物，使呼吸道畅通
			抢救者在病人的一边，使触电者的鼻孔朝天，头向后仰
			救护人一手捏紧触电者的鼻孔，另一手托在触电者颈后，将颈部上抬，深深吸一口气，用嘴紧贴触电者的嘴，大口吹气。同时观察触电者胸部的膨胀情况，以略有起伏为宜。胸部起伏过大，表示吹气太多，容易把肺泡吹破。胸部无起伏，表示吹气用力过小，起不到应有的作用

（续）

急救方法	适用情况	图示	实施方法
口对口人工呼吸法	触电者有心跳而呼吸停止		救护人吹气完毕准备换气时，应立即离开触电者的嘴，并放开鼻孔，让触电者自动向外呼气，每5s吹气一次，坚持连续进行，不可间断，直到触电者苏醒为止
胸外心脏按压法	触电者有呼吸而心脏停跳		将触电者仰卧在硬板或地上，颈部枕垫软物，使头部稍后仰，松开衣服和裤带，急救者跪在触电者腰部
			急救者将右手掌根部按于触电者胸骨下1/2处，中指指尖对准其颈部凹陷的下缘，当胸一手掌，左手掌复压在右手背上

（续）

急救方法	适用情况	图示	实施方法
胸外心脏按压法	触电者有呼吸而心脏停跳	 向下按压3~4cm	选好正确的压点以后，救护者肘关节伸直，适当用力带有冲击性地压触电者的胸骨（压胸骨时，要对准脊椎骨，从上向下用力）。对成年人可压下3～4cm（1～1.2寸），对儿童只用一只手，用力要小，压下深度要适当浅些
		 突然放松	按压到一定程度，掌根迅速放松（但不要离开胸膛），使触电者的胸骨复位，按压与放松的动作要有节奏，每秒钟进行一次，必须坚持连续进行，不可中断，直到触电者苏醒为止
口对口人工呼吸法和胸外心脏按压法并用	触电者呼吸和心跳都已停止	 单人操作	一人急救：两种方法应交替进行，即吹气2～3次，再按压心脏10～15次，且速度都应快些

（续）

急救方法	适用情况	图示	实施方法
口对口人工呼吸法和胸外心脏按压法并用	触电者呼吸和心跳都已停止	 双人操作	两人急救：每5s吹气一次，每秒钟按压一次，两人同时进行

1.2　接地装置的安装

1.2.1　接地和接零

1. 接地的意义

用接地线把电气设备的某些部分与接地体进行可靠而又符合技术要求的电气连接称为接地。如电动机、变压器和开关设备的外壳接地。

当电气设备漏电时，其外壳、支架及与之相连的其他金属部分将呈现电压。若有人触及这些意外的带电部分，就可能发生触电事故。接地的目的就是为了保证电气设备的正常工作和人身安全。为了达到这个目的，接地装置必须十分可靠，其接地电阻也必须保证在一定范围之内。例如，容量为100kVA以上的变压器中性点接地装置的接地

电阻不应大于4Ω，零线重复接地电阻不大于10Ω等。在电力系统中，应用较多的有工作接地、保护接地、保护接零、重复接地等，此外还有防雷接地、共同接地、过电压保护接地、防静电接地、屏蔽接地等。

2. 工作接地

为了保证电气设备的安全运行，将电力系统中的某些点接地，叫做工作接地。如电力变压器和互感器的中性点接地等，都属于工作接地。如图1-6所示，电力变压器的三相绕组星形联结的公共点是中性点，从中性点引出的零线（中性线）有作单相电路的零线和电气设备安全保护的双重作用。在三相四线制低压电力系统中，采用工作接地的优点很多。例如，将变压器低压侧中性点接地，可避免当电力变压器高压绕组绝缘损坏而使低压侧对地电压升高，从而保证人身和设备的安全。同时，在三相负载不平衡时能防止中性点位移，从而避免三相电压不平衡。此外，还可采用接零保护，在三相负载不平衡时切断电源，避免其他两相对地电压升高。

3. 保护接地

将电动机、变压器等电气设备的金属外壳及与外壳相连的金属构架，通过接地装置与大地连接起来，称为保护接地，如图1-7所示。保护接地适用于中性点不接地的低压电网。保护接地可有效防止发生触电事故，保障人身安全。当电气设备绝缘损坏、相线碰壳时，设备外壳带电，人体触及就有触电的危险。如果电气设备外壳有了保护接

地，电流同时流经接地体和人体。在并联电路中，电流与电阻大小成反比，接地电阻越小，通过的电流越大，流经人体的电流就越小。通常接地电阻都小于 4Ω，而人体电阻一般在 1000Ω 以上，比接地电阻大得多，所以流经人体的电流很小，不致有触电危险。

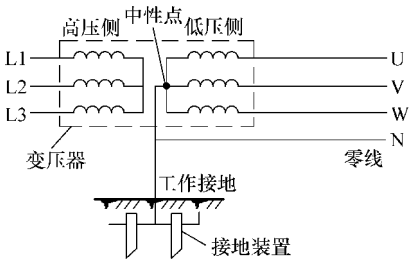


图 1-6　工作接地

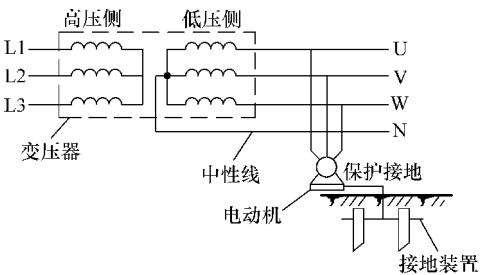


图 1-7　保护接地

4. 保护接零

将电动机等电气设备的金属外壳及金属支架与零线用

导线连接起来，称为保护接零。在 220/380V 三相四线制中性点直接接地的电网中广泛采用保护接零。当电气设备绝缘损坏造成单相碰壳时，设备外壳对地电压为相电压，人体触及将发生严重的触电事故。采用保护接零后，碰壳相电流经零线形成单相闭合回路，如图 1-8 所示。由于零线电阻较小，短路电流较大，使熔体（包括熔丝和熔片）熔断或断路器等短路保护装置在短时间内动作，切断故障设备的电源，从而避免了触电。

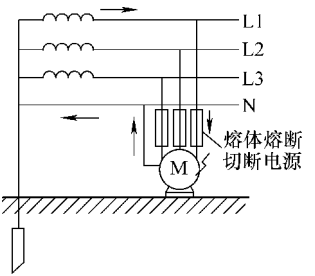


图 1-8　保护接零

必须注意的是，保护接零和保护接地的保护原理是不同的。保护接地是限制漏电设备外壳对地电压，使其不超过允许的安全范围；而保护接零是通过零线使漏电电流形成单相短路，引起保护装置动作，从而切断故障设备的电源。注意，在同一台变压器供电的系统中，保护接零和保护接地不能混用，不允许一部分设备采用保护接零，而另一部分设备采用保护接地。因为当采取保护接地的设备中一相与外壳接触时，会使电源中性线出现对地电压，使接零的设备产生对地电压，造成更多的触电机会。

5. 重复接地

在三相四线制保护接零电网中，除了变压器中性点的

工作接地之外，在零线上一点或多点与接地装置连接，称为重复接地，如图 1-9 所示。对于 1kV 以下的接零系统，重复接地的接地电阻应不大于 10Ω。重复接地的作用主要有：

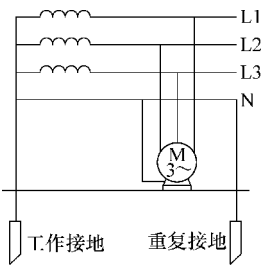


图 1-9　重复接地

1）在电气设备相线碰壳短路接地时，能降低零线的对地电压，缩短保护装置的动作时间。在没有重复接地的保护接零系统中，当电气设备单相碰壳时，在短路到保护装置动作切断电源的这段时间里，零线和设备外壳是带电的，如果保护装置因某种原因未动作不能切断电源时，零线和设备外壳将长期带电。有了重复接地，重复接地电阻与工作接地电阻便成并联电路，电路阻值减小，可降低零线的对地电压，加大短路电流，使保护装置更快动作，而且重复接地点越多，对降低零线对地电压越有效，对人体也越安全。

2）当零线断线时，能降低触电危险和避免烧毁单相用电设备。如图 1-10 所示，在没有重复接地时，如果零线断线，且断线点后面的电气设备单相碰壳，那么断线点后零线及所有接零设备的外壳都存在接近相电压的对地电压，可能烧毁用电设备。而且此时接地电流较小，不足以使保护装置动作而切断电源，很容易危及人身安全。在有重复接地的保护接零系统（见图 1-11）中，当发生零线

断线时，断线点后的零线及所有接零设备外壳对地电压要低得多，所以断线点后的重复接地越多，总的接地电阻越小，短路电流就越大，这样就能使保护装置更快动作而切断电源。

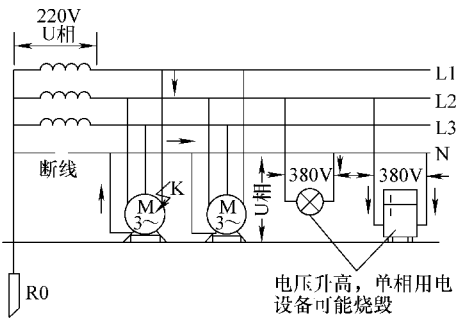


图 1-10　保护接零系统无重复接地的危险情况

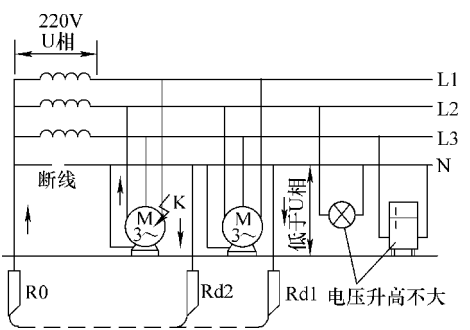


图 1-11　有重复接地零线断路时的情况

1.2.2　接地体的安装

接地体可分为自然接地体和人工接地体两种。埋置在地下的金属水管、具有金属外皮的电缆、建筑物钢筋混凝土基础、金属构架等都可作为自然接地体。人工接地体一般用镀锌钢管或角钢、圆钢等制成。电气设备的接地应尽量利用自然接地体，以节省接地安装费用。人工接地体的安装有垂直埋设和水平埋设两种。

1. 自然接地体的利用

下列装置和设备可以用作交流电气设备接地装置的接地体：

1）敷设在地下的各种金属管道（自来水管、下水管、热力管等）。但是严禁利用煤气管，各种油管，各种可燃可爆性气、液体管道和地下贮油金属箱体等作自然接地体。由于这些管道内均存在易燃物质，万一因散流效果不好而产生放电火花，就会引起爆炸事故，所以严禁利用。

2）与大地有可靠连接的建筑物及构筑物的金属结构。

3）有金属外皮的电缆（包有黄麻、沥青绝缘层的电缆除外）。

4）自流井金属插管。

5）钢筋混凝土建筑物与构筑物的基础等。

利用自然接地体时应注意以下事项：

1）利用管道或配管作接地体时，应在管接头处采用

跨接线焊接，跨接线采用直径为 6mm 的圆钢。管径在 50mm 及以上时，跨接线应采用 25mm × 4mm 的扁钢。

2）自然接地体最少要有两根引出线与接地干线相连。

3）不得用铝线、铅皮、蛇皮管以及保温管的金属网作接地体或接地线（但电缆的金属护层应接地）。

4）直流电力网的接地装置不得借用自然接地体或自然接地线，因为直流电对金属物体有电解腐蚀作用。

2. 人工接地体的垂直安装

1）接地体的制作。进行垂直安装的接地体通常用角钢或钢管制成。其规格如下：角钢的厚度应不小于 4mm；钢管管壁厚度应不小于 3.5mm；圆钢直径应不小于 8mm；扁钢厚度应不小于 4mm，其截面积应不小于 48mm^2。材料不应有严重锈蚀，弯曲的材料必须矫直后方可使用。长度一般在 2 ~ 3m 之间，但不能小于 2m。垂直接地体的下端要加工成尖形。用角钢制作时，尖点应在角钢的钢脊上，且两个斜边要对称，如图 1-12a 所示。用钢管制作的接地体，要单边斜向切削以保持一个尖点，如图 1-12b 所示。凡用螺钉连接的接地体，应先钻好螺钉孔。

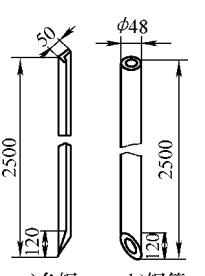


图 1-12　垂直接地体

2）接地体的安装。采用打桩法将接地体打入地下，

接地体应与地面保持垂直，不可倾斜，打入地面的有效深度应不小于2m。多极接地或接地网络中的接地体与接地体之间在地下应保持2.5m以上的直线距离。锤子敲击角钢的落点应在其端面的角脊处，以保证角钢垂直打入，如图1-13a所示。锤子敲击钢管的落点应与钢管尖端位置相对应，使锤击力集中在尖端位置，如图1-13b所示，否则钢管容易倾斜，使接地体与土壤之间产生缝隙，增大接触电阻。

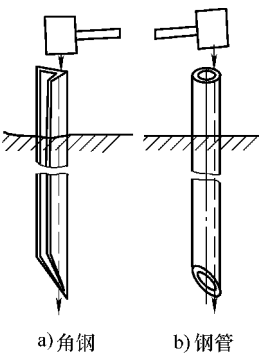


图1-13　垂直接地体的安装

接地体打入地面后，应将其周围填土夯实，以减小接触电阻。若接地体与接地体连接干线在地下连接，应先将其电焊焊接后，再填土夯实。

3. 人工接地体的水平安装

与地面水平安装的接地体应用得较少，一般只用于土层浅薄的地方。接地体通常用扁钢或圆钢制成，一端应弯成直角向上，便于供接地线连接。如果采用螺钉压接的，应预先钻好螺钉通孔。接地体的长度，随安装条件和接地装置的构成形式而定。安装时，采用挖沟填埋，接地体应埋入离地面0.6m以下的土壤中，如图1-14所示。如果是

多极接地或接地网，每两根接地体之间，应相隔 2.5m 以上的直线距离。

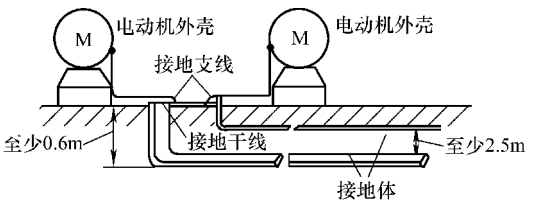


图 1-14　水平安装的接地体

安装时，应尽量选择土层较厚的地方埋设接地体，沟要挖得平直，深浅和宽度应一致。填土时，接地体周围与土壤之间应随时夯实，使之密切结合，沟内不可堆填砂砾、砖瓦等杂物。

4. 减小接地电阻的措施

接地电阻主要取决于接地体与土壤接触面的接触电阻及土壤电阻。在土壤电阻率较高的地层中安装接地体，为了减小接地电阻，并达到规定要求，在安装接地体时可采取以下措施：

1）在土壤电阻率不太高的地层，可增加接地体的个数。

2）在土壤电阻率较高的地层，可在接地体周围填入化学降阻剂（配制方法：用 8kg 食盐溶解于适量水中，然后将盐水倒入 30kg 木炭粉中，同时不断搅拌，拌匀即可），为了防止因化学降阻剂质地膨松而使接地体晃动，

应将化学降阻剂放置在离地面0.5m以下和1.2m以上的中间部位，并把底层和面层的泥土夯实。

3）对于土壤电阻率很高的地层，可采用挖坑换土的方法。

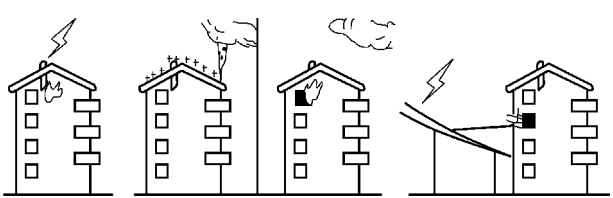
4）有些区域往往存在需要接地处的土壤电阻率极高，而离之不远的地方的土壤电阻率却比较低，这时可采用接地体外引的方法，用较长的接地线，把设备接地点引出土壤电阻率较高的范围，让接地体安装在电阻率较低的土壤上。

1.3　防雷保护

1.3.1　雷电的种类及危害

1. 直接雷击

直接雷击又称直击雷。直接雷击的强大雷电流通过物体入地在一刹那间产生大量的热能，可能使物体燃烧而引起火灾，如图1-15a所示。



a) 直接雷击　　b) 雷电感应　　c) 雷电波侵入

图1-15　雷电的三种形式

当雷电流经地面（或接地体）流散入周围土壤时，在它的周围形成电压降落，如果有人站在该处附近，将产生跨步电压而危及人身安全。

2. 雷电感应

雷电感应又称感应雷，分为静电感应和电磁感应两种。静电感应是当建筑物金属屋顶或其他导体的上空有雷云时，这些导体上就会感应出与雷云所带电荷极性相反的异性电荷。当雷云放电后，放电通道中电荷迅速中和，但聚集在导体的电荷却来不及立刻流散，其残留的电荷形成很高的对地电位。这种“静电感应电压”可能引起火花放电，造成火灾或爆炸，如图 1-15b 所示。

电磁感应是发生雷击后，雷电流在周围空间迅速形成强大而变化的磁场，处在这一电磁场中导体会感应出较大的电动势和感应电流。若导体回路有开口处，就可能引起火花放电。若回路中有些导体接触不良，也就可能产生局部发热。这对于存放易燃或易爆物品的建筑物是十分危险的。

3. 雷电波侵入

雷电波侵入又称高电位引入。由于架空线路或金属管道遭受直接雷击，或者由于雷云在附近放电使导体上产生感应雷电波，其冲击电压引入建筑物内，可能发生人身触电、损坏设备或引起火灾等事故，如图 1-15c 所示。

1.3.2 防雷措施

1. 装设避雷针以防止直击雷

为了建筑物免遭直击雷，可用避雷针来保护。所谓避

雷针，实际上是“引雷针”，由于避雷针的高度总是高于被保护的建筑物，因此容易将雷电流引向其尖端而泄入大地，从而避免雷云向被保护的建筑物放电。

避雷针最上部分是耸立于天空的尖端（受雷端），是接受雷电用的，一般用镀锌铁管或铁棒制成，长约2m，高度在20m以内的独立避雷针通常用木杆或水泥杆支撑，更高的避雷针则采用钢铁构架，其尖端高于建筑物一定高度。中间部分（导雷线）将雷电流引入地下，是用截面积不小于36mm^{2}的镀锌钢索或扁钢（铁）制成；并需将靠近地面约2m这一段加以机械保护。下面部分是接地体，它与导雷线相连接，将雷电流发散到大地，可利用废钢管或扁铁等焊接成接地网埋入地下，以满足需要的接地电阻值为标准。避雷针各个部分要可靠地焊接，不可断开，否则会招致雷击。同时装有避雷针的建筑物上严禁架设低压线、电信线、广播线，避雷针的接地极应与保护装置的接地体相距10m以上，以免发生危险。

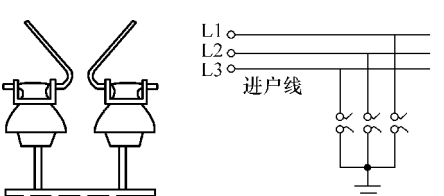
2. 采用良好的接地网以防止感应雷

对有金属结构的屋顶，应自房屋两端起每隔18～24m设一根引下线与接地装置相连，对于这一类建筑物，有必要时，可在非导电材料屋顶上敷设一个网格不大于8～10m的金属网，将金属网用引下线与接地装置相连。防止感应雷的接地装置，要沿房屋四周敷设成闭合回路，如屋内有电气接地保护装置，可与接地保护装置相连，其总接地电阻要小于10Ω。

3. 安装避雷器以防止高电位引入

避雷器的一端接输配电线，另一端可靠接地。正常情况下，由于避雷器的间隙元件将导线与大地隔开，当线路受到雷击而产生过电压时，其间隙被击穿，强大的雷电流通过避雷器的电阻元件泄入大地，使被保护的电气设备免遭危害。常用的阀型避雷器和管型避雷器，大多用于变电所的防雷保护。

一般建筑物的进户线可用简单的羊角间隙保护。羊角间隙可采用直径为 0.71mm 的铜线弯成，用瓷夹固定好后再用铁箱罩住，如图 1-16a 所示，其间隙为 2 ~ 3mm，当有过电压侵入时，羊角间隙放电，将雷电流引入大地，使过电压不致引入建筑物内，如图 1-16b 所示。这种避雷器简单经济，安装方便，效果良好。

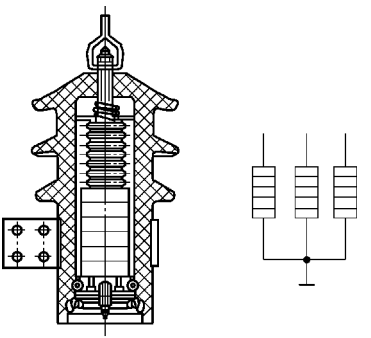


a) 外形图　　b) 羊角间隙接入进户线

图 1-16　羊角间隙

阀型避雷器如图 1-17 所示。它的主要元件是火花间隙和阀片电阻（特种碳化硅）。当雷电发生时，火花间隙

被击穿放电，阀片电阻下降，将雷引入地。它可用于保护中小容量的配电装置及发电机、电动机等。



a) 外形图　　b) 接线图

图 1-17　阀型避雷器

第2章

维修电工基本操作技能

2.1 导线绝缘层的剖削

2.1.1 塑料绝缘单芯线绝缘层的剖削

芯线截面积为4mm² 及以下的塑料绝缘单芯线，其绝缘层用钢丝钳剖削，具体操作方法：根据所需线头长度，用钳头刀口轻切绝缘层（不可切伤芯线），然后用右手握住钳头用力向外勒去绝缘层，同时左手握紧导线反向用力配合动作，如图2-1所示。

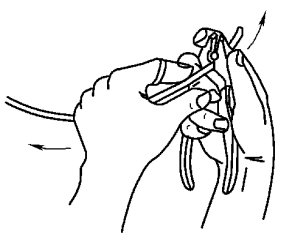


图2-1 用钢丝钳剖削塑料绝缘单芯线绝缘层

芯线截面积大于4mm² 的塑料绝缘单芯线，可用电工刀来剖削其绝缘层。方法如下：

1）根据所需的长度用电工刀以45°角斜切入塑料绝缘层，如图2-2a所示。

2）接着刀面与芯线保持15°角左右，用力向线端推削，不可切入芯线，削去上面一层塑料绝缘层，如

图 2-2b所示。

3）将下面的塑料绝缘层向后扳翻，最后用电工刀齐根切去，如图 2-2c 所示。

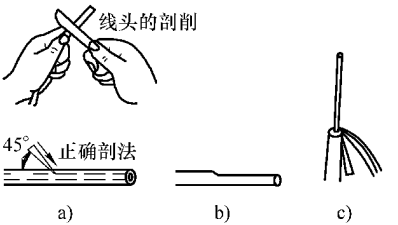


图 2-2　电工刀剖削塑料绝缘单芯线绝缘层

2.1.2　橡皮绝缘线线头绝缘层的剖削

1）在橡皮绝缘线线头的最外层用电工刀割破一圈，如图 2-3a 所示。

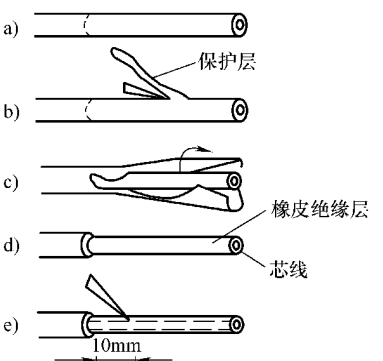


图 2-3　橡皮绝缘电线线头绝缘层的剖削

2）削去一条保护层，如图 2-3b 所示。

3）将剩下的保护层剥割去，如图 2-3c 所示。

4）露出橡皮绝缘层，如图 2-3d 所示。

5）在距离保护层约 10mm 处，用电工刀以 45°角斜切入橡皮绝缘层，并按塑料硬线的剖削方法剥去橡皮绝缘层，如图 2-3e 所示。

2.1.3　橡皮绝缘软线线头绝缘层的剖削

1）橡皮绝缘软线最外层棉纱织物保护层的剖削方法和里面橡皮绝缘层的剖削方法类似橡皮绝缘线线端的剖削。由于橡皮绝缘软线最外层的棉纱织物较软，可用电工刀将四周切割一圈后用力将棉纱织物拉去，如图 2-4a、b 所示。

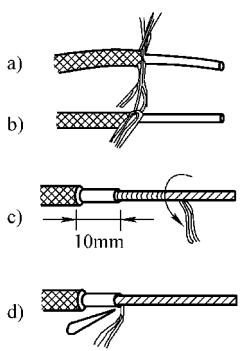


图 2-4　橡皮绝缘软线线头绝缘层的剖削

2）在距棉纱织物保护层末端 10mm 处，用钢丝钳刀口切割橡皮绝缘层，不能损伤芯线，然后右手握住钳头，左手把橡皮绝缘软线用力抽拉，通过钳口勒出橡皮绝缘层。橡皮绝缘软线的橡皮层剥去后就露出了里面的棉纱层。

3）用手将包裹芯线的棉纱松散开，如图 2-4c 所示。

4）用电工刀割断棉纱，即露出芯线，如图 2-4d 所示。

2.1.4　塑料护套线线头绝缘层的剖削

1）按所需长度用电工刀刀尖对准芯线缝隙划开护套层，如图 2-5a 所示。

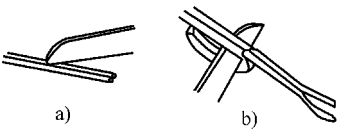


图 2-5　护套线线头绝缘层的剖削

2）向后扳翻护套层，用电工刀齐根切去，如图 2-5b 所示。

3）在距离护套层 5 ~ 10mm 处，用电工刀按照剖削塑料绝缘单芯线绝缘层的方法，分别将每根芯线的绝缘层剥除。

2.2　导线的连接

2.2.1　单股铜芯导线的直线连接

连接时，先将两导线芯线线头按图 2-6a 所示成 × 形相交，然后按图 2-6b 所示互相绞合 2 ~ 3 圈后扳直两线头，接着按图 2-6c 所示将每个线头在另一芯线上紧贴并绕 6 圈，最后用钢丝钳切去余下的芯线，并钳平芯线末端。

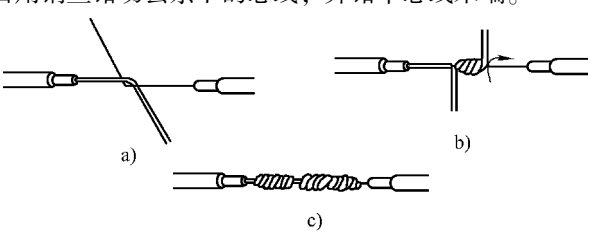


图 2-6　单股铜芯导线的直线连接

2.2.2　单股铜芯导线的 T 形分支连接

将支路芯线的线头与干线芯线十字相交，在支路芯线根部留出 5mm，然后顺时针方向缠绕支路芯线，缠绕 6～8 圈后，用钢丝钳切去余下的芯线，并钳平芯线末端。如果连接导线截面积较大，两芯线十字交叉后直接在干线上紧密缠 5～6 圈即可，如图 2-7a 所示。较小截面积的芯线可按图 2-7b 所示方法，环绕成结状，然后再将支路芯线线头抽紧扳直，向左紧密地缠绕 6～8 圈，剪去多余芯线，钳平切口毛刺。

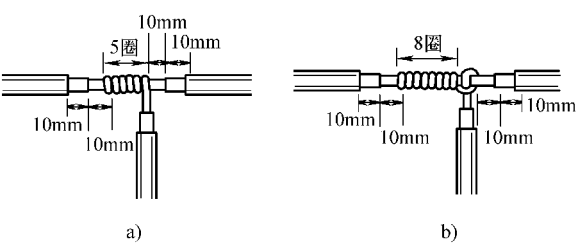


图 2-7　单股铜芯导线的 T 形分支连接

2.2.3　7 股铜芯导线的直线连接

先将剖去绝缘层的芯线头散开并拉直，如图 2-8a 所示；把靠近绝缘层 1/3 线段的芯线绞紧，并将余下的 2/3 芯线头分散成伞状，将每根芯线拉直，如图 2-8b 所示；把两股伞骨形芯线一根隔一根地交叉直至伞形根部相接，

如图 2-8c 所示；然后捏平交叉插入的芯线，如图 2-8d 所示；把左边的 7 股芯线按 2、2、3 根分成三组，把第一组 2 根芯线扳起，垂直于芯线，并按顺时针方向缠绕 2 圈，缠绕 2 圈后将余下的芯线向右扳直紧贴芯线，如图 2-8e 所示；把下边第二组的 2 根芯线向上扳直，也按顺时针方向紧紧压着前 2 根扳直的芯线缠绕，缠绕 2 圈后，也将余下的芯线向右扳直，紧贴芯线，如图 2-8f 所示；再把下边第三组的 3 根芯线向上扳直，按顺时针方向紧紧压着前 4 根扳直的芯线向右缠绕。缠绕 3 圈后，切去多余的芯线，钳平线端，如图 2-8g 所示；用同样方法再缠绕另一边芯线，如图 2-8h 所示。

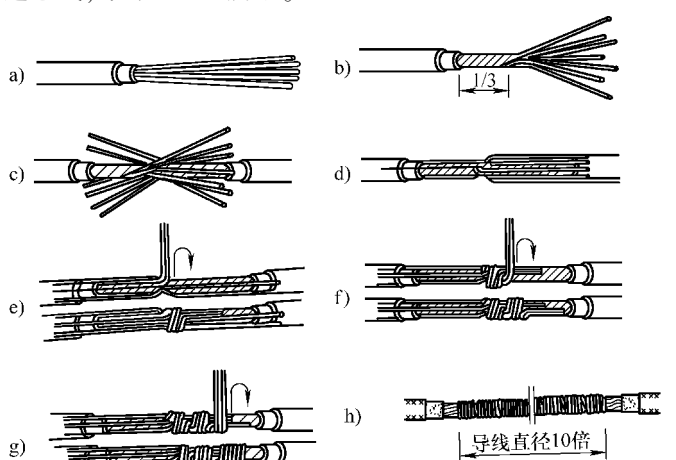


图 2-8　7 股铜芯导线的直线连接

2.2.4　7 股铜芯导线的 T 形分支连接

将分支芯线散开并拉直，如图 2-9a 所示；把紧靠绝缘层 1/8 线段的芯线绞紧，把剩余 7/8 的芯线分成两组，一组 4 根，另一组 3 根，排齐，如图 2-9b 所示；用螺丝刀把干线的芯线撬开分为两组，如图 2-9c 所示；把支线中 4 根芯线的一组插入干线芯线中间，而把 3 根芯线的一组放在干线芯线的前面，如图 2-9d 所示；把 3 根芯线的一组在干线右边按顺时针方向紧紧缠绕 3 ~ 4 圈，并钳平线端；把 4 根芯线的一组在干线芯线的左边按逆时针方向缠绕 4 ~ 5 圈，如图 2-9e 所示；最后钳平线端，连接好的导线如图 2-9f 所示。

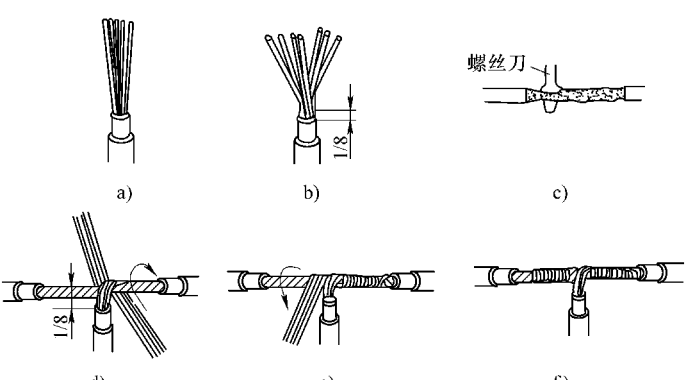


图 2-9　7 股铜芯导线的 T 形分支连接

2.2.5　线头与接线桩的连接

1. 导线与瓦板形接线桩的连接

导线与瓦板形接线桩的连接如图 2-10 所示，连接前应清除线头及接线桩接线处的氧化层及灰尘等杂质。

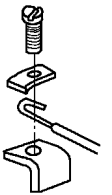


图 2-10　导线与瓦板形接线桩的连接

2. 导线与瓷接头的连接

导线与瓷接头的连接如图 2-11 所示，连接时应将导线头插到瓷接头接线孔底部，应拧紧螺钉，以防脱落。

3. 导线的压圈式连接

导线的压圈式连接如图 2-12 所示，连接时线头弯曲度大小要适宜，应大于螺钉直径，小于垫圈外径，压接时要顺时针旋转，不能将导线绝缘层压入垫圈内。

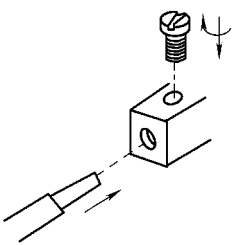


图 2-11　导线与瓷接头的连接

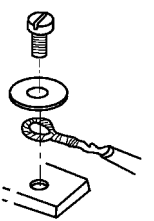


图 2-12　导线的压圈式连接

2.2.6　导线绝缘层的恢复

导线绝缘层被破坏或导线连接以后，必须恢复其绝缘性能。在380V线路上恢复导线绝缘时，必须先包扎1～2层黄蜡带，然后再包1层黑胶布。在220V线路上恢复导线绝缘时，可以包2层黑胶布，如图2-13所示。

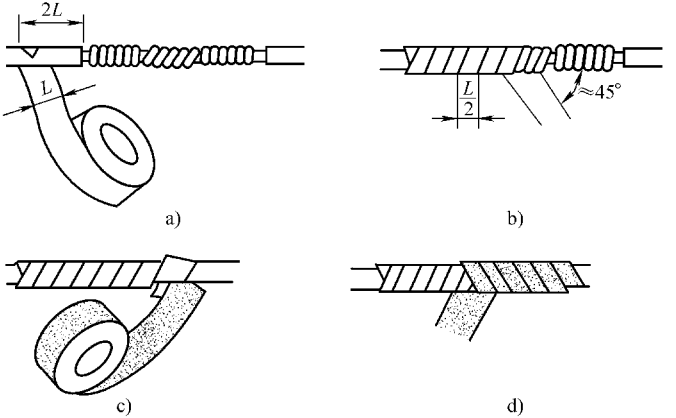


图2-13　绝缘层恢复方法

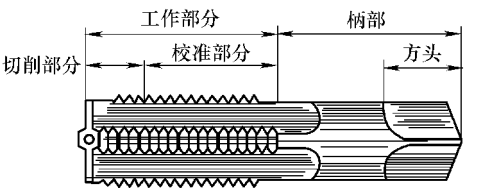
2.3　手工攻螺纹

2.3.1　攻螺纹工具

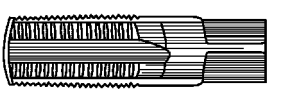
1. 丝锥

丝锥是加工内螺纹的工具，用高碳钢或合金钢制成，并经淬火处理。常用的丝锥有普通螺纹丝锥和圆柱管螺纹

丝锥两种，如图 2-14 所示。丝锥的螺纹牙形代号分别用 M 和 G 表示，见表 2-1。M6 ~ M14 的普通螺纹丝锥两只一套，小于 M6、大于 M14 的普通螺纹丝锥三只一套，圆柱管螺纹丝锥两只一套。



a) 普通螺纹丝锥



b) 圆柱管螺纹丝锥

图 2-14　丝锥

表 2-1　丝锥螺纹牙形代号的含义

螺纹牙形代号	含　义
M10	粗牙普通螺纹，公称外径为 10mm
M14 × 1	细牙普通螺纹，公称外径为 14mm，牙距为 1mm
G3/4″	圆柱管螺纹，配用的管子内径为 3/4in[㊀]

丝锥在选用时可参考以下事项：

㊀ 1in = 0.0254m。

1）选用的内容通常有外径、牙形、精度和旋转方向等。应根据所配用的螺栓大小选用丝锥的公称规格。

2）选用圆柱管螺纹丝锥时应注意，镀锌钢管的标称直径是指管的内径，而电线管的标称直径则是指管的外径。

3）丝锥精度分为 3 和 3b 两级，一般选用 3 级的一种，3b 级适用于攻螺纹后还需镀锌或镀铜的工件。

4）旋转方向分左旋和右旋，即俗称倒牙和顺牙，通常只用右旋的一种。

2. 铰杠

铰杠是传递扭矩和夹持丝锥的工具，常用的铰杠如图 2-15所示。为了较好地控制攻螺纹的扭矩，应根据丝锥尺寸来选择铰杠长度。对于小于和等于 M6 的丝锥，可选用长度为 150 ~ 200mm 的铰杠；对于 M8 ~ M10 的丝锥，可选用 200 ~ 250mm 的铰杠；对于 M12 ~ M14 的丝锥，可选用 250 ~ 300mm 的铰杠；对于大于和等于 M16 的丝锥，可选用 400 ~ 450mm 的铰杠。

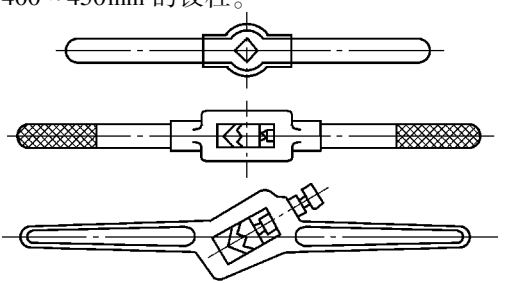


图 2-15　丝锥铰杠

2.3.2 攻螺纹的操作方法

1）划线，钻底孔。攻螺纹前，先在工件上划线确定攻螺纹位置并钻出适宜的底孔，底孔直径应比螺纹大径略小，可根据工件材料用下列公式计算确定底孔直径，并选用钻头。

钢和塑性较大的材料　　$D = d - t$

铸铁等脆性材料　　$D = d - 1.05t$

式中　D——底孔直径（mm）；

d——螺纹大径（mm）；

t——螺纹距（mm）。

底孔的两面孔口用90°锪钻倒角，使倒角的最大直径和螺纹的公称直径相等，使丝锥既容易起削，又可防止孔口螺纹崩裂。

2）攻螺纹前工件夹持位置要正确，应尽可能把底孔中心线置于水平或垂直位置，以便于攻螺纹时掌握丝锥是否垂直工件平面。

3）先用头锥起攻，丝锥一定要与工件垂直，一手用掌按住铰杠中部用力加压，另一手配合作顺向旋转，如图2-16a所示。也可两手握住铰杠均匀施加压力，并将丝锥顺向旋转。当丝锥攻入1～2圈后，从间隔90°的两个方向用直角尺检查校正丝锥位置至要求，如图2-16b所示。

4）当丝锥的起削刃切进后，两手不必再施加压力，丝锥可随铰杠的旋转做自然旋进切削。此时，两手旋转用力要均匀，要经常倒转1/4～1/2圈，使切屑碎断后容易

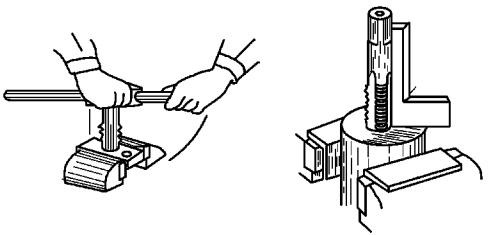


图 2-16　攻螺纹

排除，避免因切屑阻塞而使丝锥卡住，如图 2-17 所示。

5）攻螺纹时必须按头锥、二锥、三锥顺序攻削至标准尺寸。换用丝锥时，先用手将丝锥旋入已攻出的螺孔中，待手转不动时，再装上铰杠继续攻螺纹。

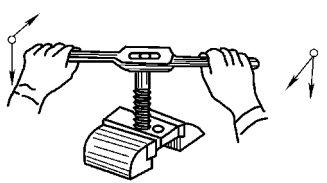


图 2-17　丝锥做自然旋转

6）攻不通孔时，应在丝锥上做深度标记。攻螺纹时要经常退出丝锥，排除切屑。

7）攻螺纹时要根据材料性质的不同选用并加注切削液。通常，攻钢制工件时加机油，攻铸铁件时加煤油。

2.4　手工套螺纹

2.4.1　套螺纹的工具

1. 板牙

板牙是加工外螺纹的工具，常用的有圆板牙和圆柱管

板牙两种。圆板牙如同一个螺母，在上面有几个均匀分布的排屑孔，并以此形成刀刃，如图 2-18 所示。

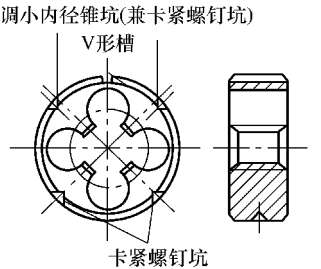


图 2-18　板牙

用圆板牙套螺纹时，工件的外径应略小于螺纹大径。工件外径可按下列经验公式计算：

$$D = d - 0.13t$$

式中　D——工件外径（mm）；

d——螺纹大径（mm）；

t——螺距（mm）。

2. 板牙铰杠

板牙铰杠用于安装板牙，与板牙配合使用，如图 2-19 所示。板牙铰杠外圆上有五只螺钉，均匀分布的四只螺钉起紧固板牙作用，其中上方的两只螺钉兼有调节小板牙螺纹尺寸的作用；顶端那只螺钉起调节大板牙螺纹尺寸的作用，这只螺钉必须插入板牙的 V 形槽内。

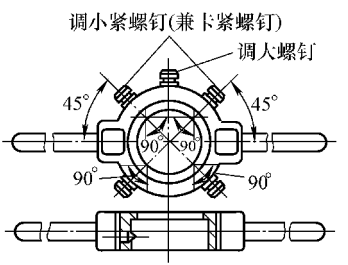


图 2-19　板牙铰杠

2.4.2　套螺纹的操作方法

1）将工件的端部倒角。为了使板牙起套螺纹时容易切入工件，工件圆杆端部要倒成15°～20°的锥体，锥体的小端直径要略小于螺纹小径，以防套螺纹后螺纹端部产生锋口或卷边。

2）将工件用虎钳夹持牢靠，套螺纹部分要尽可能接近钳口。由于工件多为圆杆，一般要用V形夹块或厚铜衬作衬垫，以保证夹持可靠。

3）起套时，一手握住铰杠中部，沿圆杆轴向施加压力，另一手配合作顺向切进。推进时转动要慢，压力要大，必须保证板牙端面与圆杆轴线的垂直，不能歪斜。在板牙切入圆杆2～3牙时，应及时检查其垂直度并做准确校正。

4）当板牙旋入3～4圈后，不用再施加压力，让板牙自然旋进，以免损坏螺纹和板牙。操作中要经常倒转板牙排屑。

5）在钢件上套螺纹时要加切削液，以提高加工螺纹表面的光洁程度、延长板牙使用寿命。切削液一般为机油或较浓的乳化液。

2.5　安装木榫、胀管和膨胀螺栓

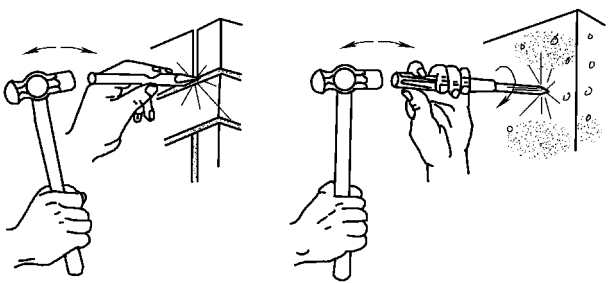
2.5.1　木榫的安装

1. 木榫孔的錾打

凡在砖墙、水泥墙和水泥楼板上安装线路和电气装

置，都需用木榫支持，木榫必须牢固地嵌进木榫孔内，以保证安装质量。

在砖墙上可用小扁凿按图 2-20a 所示方法錾打木榫孔。在水泥墙上可用麻线凿按图 2-20b 所示方法錾打木榫孔。在錾打木榫孔时应注意以下事项。



a) 砖墙木榫孔的錾打　　b) 水泥墙木榫孔的錾打

图 2-20　木榫孔的錾打方法

1）砖墙上的木榫孔应錾打在砖与砖之间的夹缝中，且錾打成矩形，水泥墙或楼板上的木榫孔应錾打成圆形。

2）木榫孔径应略小于木榫 1 ~ 2mm，孔深应大于木榫长度约 5mm。

3）木榫孔应严格地錾打在标划的位置上，以保证支持点的挡距均匀和高低一致。

4）木榫孔应錾打得与墙面保持垂直，不可出现口大底小的喇叭状。

2. 木榫的削制

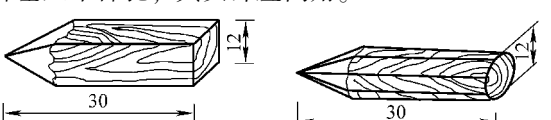
木榫通常采用干燥的细皮松木制成。木榫的形状应按照使用场所要求来削制。砖墙上的木榫用电工刀削成长为12mm、宽为10mm的矩形，如图2-21a所示。水泥墙上的木榫用电工刀削成边长为8～10mm的八角形，如图2-21b所示。在削制木榫时应注意以下事项。

1）削制木榫时，应顺着木材的纹路。

2）用电工刀削制木榫时要注意安全，不要伤手。

3）木榫的长度应比榫孔稍短些。木榫的长短还要与木螺钉配合，一般木螺钉旋进木榫的长度不宜超过木榫长度的一半。木榫的长度以25～38mm为宜。

4）木榫应削得一样粗细，不可削成锥形体。为便于把木榫塞入木榫孔，其头部应倒角。



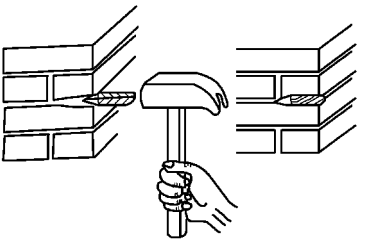
a) 矩形木榫　　b) 八角形木榫

图2-21　木榫的形状

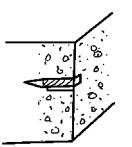
3. 木榫的安装方法

安装木榫时，先把木榫头部塞入木榫孔，用锤子轻击几下，待木榫进入孔内1/3后，检查它是否与墙面垂直，如不垂直，应校正为垂直后再进行敲打，一直打到与墙面齐平为止。木榫在墙孔内的松紧度应合适，过紧容易打烂

榫尾；过松达不到紧固目的，如图 2-22 所示。



在砖墙上装矩形木榫



在水泥墙上装八角形木榫

图 2-22　安装木榫

2.5.2　胀管的安装

1. 胀管的选配

胀管由塑料制成，又称为塑料榫。通常用于承力较大而又难以安装木榫的建筑面上，如空心楼板和现浇混凝土板、壁、梁及柱等处，胀管的结构如图 2-23 所示。

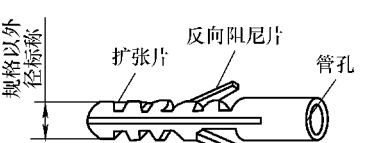


图 2-23　胀管

当胀管孔内拧入木螺钉后，两扩张片向孔壁张开，就紧紧地胀住在孔内，以此来支撑装在上边的电气装置或设备。如果胀管规格与榫孔大小不匹配（孔大管小），或木螺钉规格与胀管孔直径不匹配（孔大木螺钉小），则胀管在孔内就难以胀牢。胀管的规格有 ϕ6mm、ϕ8mm、ϕ10mm 和 ϕ12mm 等多种。孔径应略大于胀管规格，凡小于 ϕ10mm 胀管的孔径应比胀管大 0.5mm，如 ϕ8mm 胀管的孔径为 ϕ8.5mm。凡等于或大于 ϕ10mm 的胀管，孔径比胀管大 1mm，如 ϕ12mm 胀管的孔径为 ϕ13mm。ϕ6mm 的胀管可选用 ϕ3.5mm 或 ϕ4mm 的木螺钉，ϕ8mm 的胀管可选用 ϕ4mm 或 ϕ4.5mm 的木螺钉，ϕ10mm 的胀管可选用 ϕ5mm 或 ϕ5.5mm 的木螺钉，ϕ12mm 的胀管可选用 ϕ5.5mm 或 ϕ6mm 的木螺钉。

2. 胀管的安装方法

安装时，根据施工要求，先定位划线，然后用冲击电钻根据榫体的直径在现场就地打孔。打孔不宜用凿子凿孔，以免榫孔过大或不规则，影响安装质量。清除孔内灰渣后，将胀管塞入，要求管尾与建筑面保持齐平，必须经过塞入、试敲纠直和敲入三个步骤。安装质量要求是，管体应与建筑面保持垂直，管尾不应凹入建筑面（见图 2-24a），不应凸出建筑面（见图 2-24b），不应出现孔大管小（见图 2-24c），不应出现孔小管大（见图 2-24d）。最后把要安装设备上的固定孔与胀管孔对准，放好垫圈，旋入木螺钉。

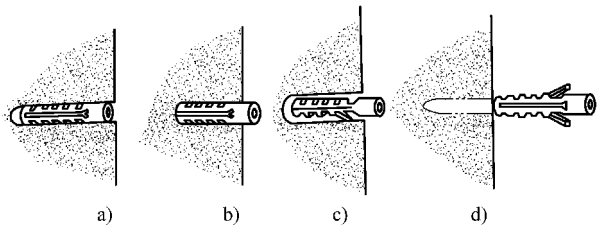


图 2-24　胀管不合格安装示例

2.5.3　膨胀螺栓的安装

1. 膨胀螺栓孔的凿打

采用膨胀螺栓施工，先用冲击电钻在现场就地打孔，孔径的大小和深度应与膨胀螺栓的规格相匹配。常用膨胀螺栓与孔的配合见表 2-2。

表 2-2　常用膨胀螺栓与钻孔尺寸的配合

螺栓规格	M6	M8	M10	M12	M16
钻孔直径/mm	10.5	12.5	14.5	19	23
钻孔深度/mm	40	50	60	70	100

2. 膨胀螺栓的安装方法

在砖墙或水泥墙上安装线路或电气装置时，通常用膨胀螺栓来固定。常用的膨胀螺栓有胀开外壳式和纤维填料式两种，外形如图 2-25 所示。采用膨胀螺栓，施工简单、方便，免去了土建施工中预埋件的工序。膨胀螺栓是靠螺栓旋入胀管，使胀管胀开，产生膨胀力，压紧建筑物孔壁，

将其与安装设备固定在墙上。

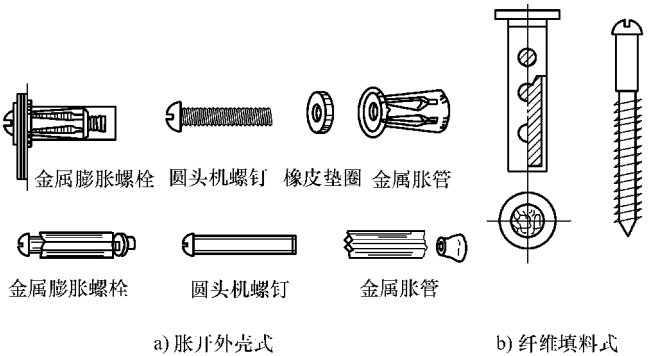


图 2-25　膨胀螺栓

安装胀开外壳式膨胀螺栓时，先将压紧螺母放入外壳内，然后将外壳嵌进墙孔内，用锤子轻轻敲打，使它的外缘与墙面平齐，最后只要把电气设备通过螺栓或螺钉拧入压紧的螺母中，螺栓和螺母就会一面拧紧，一面胀开外壳的接触片，使它挤压在孔壁上，螺栓和电气设备就一起被固定，如图 2-26 所示。

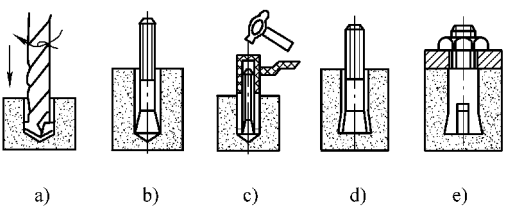


图 2-26　膨胀螺栓的安装

安装纤维填料式膨胀螺栓时，只要将它的套筒嵌进钻好或打好的墙孔中，再把电气设备通过螺钉拧到纤维填料中，就可把膨胀螺栓的套筒胀紧，使电气设备得以固定。

2.6　手工电弧焊

2.6.1　电弧焊工具

电弧焊工具主要是指电焊机、电焊钳、面罩和电焊条。

1. 电焊机

电弧焊是通过电弧对焊接工件的局部加热，使连接处的金属熔化，再加入填充金属而结合的方法。电焊机是进行电弧焊的主要设备，为电弧提供电源，可分为交流电焊机和直流电焊机两类。应用比较普遍的是交流电焊机，如图 2-27 所示。

电焊机必须具有电弧的可靠引燃及稳定燃烧保弧的特点，一般要求交流电焊机的空载电压不低于 55V，直流电焊机的空载电压不低于 40V。在应用电焊机时，由于焊接不同厚度的金属材料，其焊接的电流大小应易调节，一般要求电焊机电流调节范围在电焊机额定电流的 0.25 ~ 1.2 倍。这是由于短路电流过大，会引起电焊机绕组过热，烧坏电焊机；而短路电流过小，则引弧困难，难以满足焊接的需要，因此要求电焊机应具有适当的短路电流。在使用交流电焊机时应注意以下事项：

1）移动电焊机时，一定要先切断电源，不允许带电

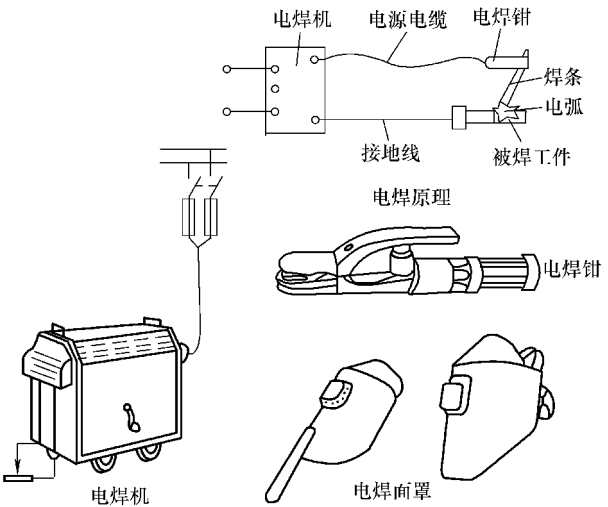


图 2-27　交流电焊机及电焊钳、电焊面罩

移动电焊机，并且在移动时切勿使电焊机受到剧烈振动和其他物体的冲击，以免外壳与带电体接触。

2）在使用电焊机过程中，要经常对电焊机接线桩、连接处以及电缆进行检查，发现有烧坏处或者接触不良处，应及时修复好后再使用。

3）电焊机应根据不同型号、不同功率选用合适的电源线、熔体、开关及电源线的容量，不可选得过小，特别是熔体选择一定要适当。电焊机外壳必须可靠接地，若多台电焊机同时使用时，所有电焊机的接地线应为并联接

地，不得串联，以确保人身安全。

4）电焊机电源线必须接线正确，首先应检查电焊机一、二次侧的接线，变压器一次侧较细，应接电源；变压器二次侧较粗，应接负载，即电焊机焊把线。在接线时，应特别注意电焊机铭牌上所要求的电压，如是 220V 时，应接电源 220V，即一根接相线，另一根接零线。如是 380V 时，应把电焊机两根电源线分别接到两根相线上。切勿将 220V 的电焊机接入 380V 的电源线上，如果接错，会很快烧毁电焊机。

5）在焊接过程中，需调节电流大小时，应在空载时进行，电焊机在工作时不宜长期处于短路状态。特别注意，在非焊接时，绝对禁止焊把与焊件直接接触，以免造成短路而烧毁电焊机。

6）电焊机在工作完毕时，应及时切断电源。

2. 焊钳和面罩

焊钳是用来夹持焊条以便正常焊接的工具。面罩是用来遮滤电弧光和保护眼睛视力，保证操作者能正常进行操作的防护工具，有手持式和头戴式两种。

3. 电焊条

电焊条是电弧焊接的焊剂和材料，电工常用的电焊条是结构钢焊条。选用电焊条主要是选择焊条的直径。焊条直径主要取决于焊接工件的厚度。焊接工件的厚度越厚，选用焊条的直径就越大，但焊条的直径应不超过焊件的厚度。焊条直径的选择见表 2-3。

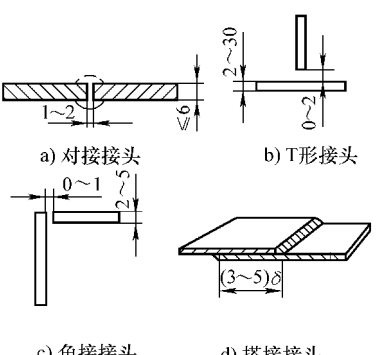
表 2-3　焊条直径的选择

焊件厚度/mm	≤1.5	2	3	4～5	6～12	≥12
焊条直径/mm	1.6	2	3.2	3.2～4	4～5	4～6

使用不同直径的焊条，在焊接时，应先调整电焊机的电流：ϕ3.2mm 焊条的焊接电流在 100～130A 左右，ϕ4.0mm 焊条的焊接电流在 180A 左右。

2.6.2　焊接头的形式

焊接头的形式主要有对接接头、T 形接头、角接接头和搭接接头四种，如图 2-28 所示。实用中，选用何种焊接头，形式要根据具体的需要而定。



a) 对接接头　　b) T形接头

c) 角接接头　　d) 搭接接头

图 2-28　电弧焊焊接头形式

焊接时工件接头的对缝尺寸是由焊件的接头形式、焊件的厚度和坡口形式决定的。电工操作的焊接工件通常是

角钢和扁钢，一般不开口。对缝尺寸在 0 ~ 2mm 以内。

2. 6. 3　焊接方式

焊接方式分为平焊、立焊、横焊和仰焊四种，如图 2-29所示。

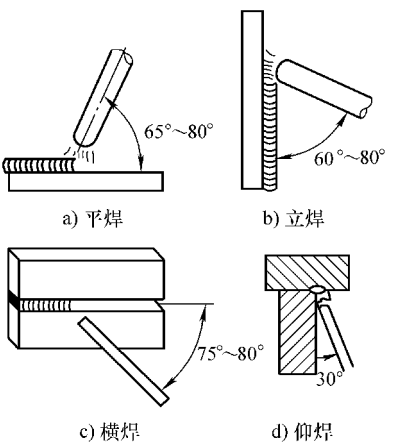


图 2-29　电弧焊焊接方式

焊接中，需要选用何种焊接方式应根据焊接工件的结构、形状、体积和所处的位置，选择不同的焊接方式。

1. 平焊

平焊时，焊缝处于水平位置，操作技术容易掌握，采用焊条直径可以大一些，生产效率较高。焊接采用的运条方式为直线形，焊条角度如图 2-29a 所示。

焊件若要两面焊接时，焊接正面焊缝的运条速度应慢一些，以获得较大的深度和宽度。焊接反面焊缝时，则运条的速度要快一些，使焊缝宽度小一些。

2. 横焊和立焊

横焊和立焊有一定难度，熔化金属因自重下淌易产生未焊透和焊瘤等缺陷，所以要用较小直径的焊条和较短的电弧焊接，立焊时焊条的最大直径不超过 5mm，焊条角度如图 2-29b、c 所示。焊接电流要比平焊时约小12% ~15% 。

3. 仰焊

仰焊操作的难度更大，熔化金属因自重下淌而产生未焊透和焊瘤等缺陷的现象更加突出，焊接时要采用较小直径的焊条（最大直径不超过 4mm）、用最短的电弧进行焊接，如图 2-29d 所示。

2.6.4　操作步骤和方法

1. 第一步：定位

先将被焊工件用“马”板与铁楔等夹具暂时定位，如图 2-30 所示。

2. 第二步：引弧

电弧的引燃方法主要有划擦法和接触法两种：

1）划擦法。先将已接通电源的焊条前端对准焊缝，然后将手腕扭转一下，与划火柴动作相似，使焊条在焊缝表面上划擦一下（长度约为 20mm），使焊条前端落入焊缝范围，并将焊条提起 3 ~4mm，电弧即可引燃。接着应

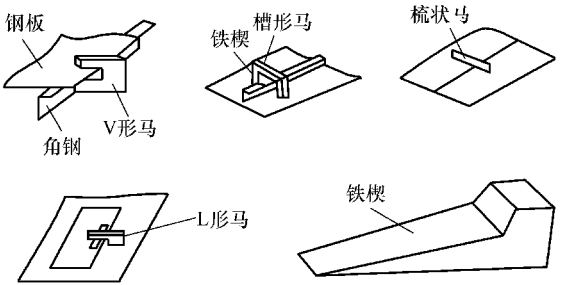


图 2-30　焊件临时定位的方法

立即控制使弧长度保持在与焊条直径相应的范围内，并运条焊接，如图 2-31a 所示。

2）接触法。接触法的动作如图 2-31b所示，先将已接通电源的焊条前端对准焊缝，然后用腕力使焊条轻碰一下焊件表面，再迅速将焊条提起 3 ~ 4mm，即可引弧。其电弧长度的控制与划擦法相同。

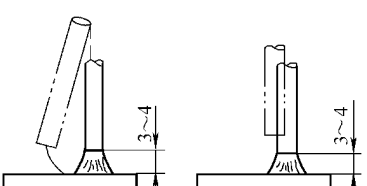


图 2-31　电弧的引燃方法

引弧时，若发生焊条粘住焊件现象，应将焊条迅速左右摆动几次，就可以脱离焊件。如若不能，应立即使焊钳脱离焊条，待冷却后再将焊条扳下。

3. 第三步：运条焊接

电弧引燃后，将电弧稍微拉长，使焊件加热，然后缩短焊条与焊件之间的距离，电弧长度适当后，开始运条。运条时，焊条前端按三个方向移动：第一，随着焊条的熔蚀，其长度渐短，应逐渐向焊缝方向送进，送进速度应与焊条熔化速度相适应；第二，焊条横向摆动，以扩宽焊接面；第三，使焊条沿着焊缝，朝着未焊方向前进。在焊接过程中，这三个动作应有机配合，以保证焊接质量，如图 2-32 所示。

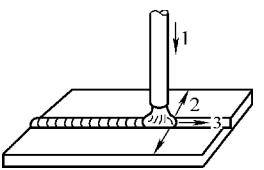


图 2-32　焊条运动的方向

常用的运条方法有锯齿形、月牙形、三角形、圆圈形等运条方法，如图 2-33 所示。

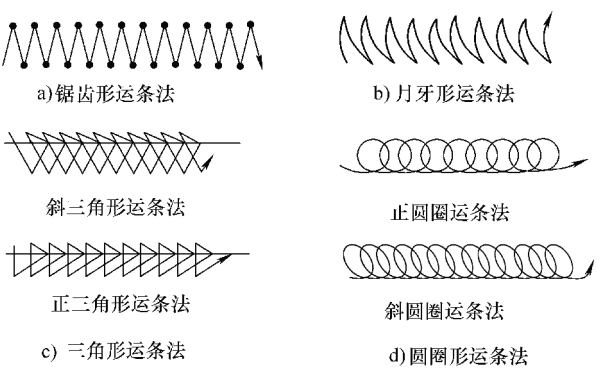
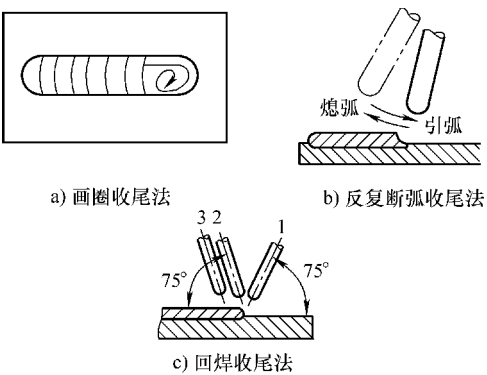


图 2-33　常用的运条方法

4. 第四步：收尾

当焊缝焊完时，焊条前端要在焊缝终点做小的画圈运动，直到铁水填满弧坑后，提起焊条，终止焊接。常用的收尾动作有以下几种：



a) 画圈收尾法　b) 反复断弧收尾法　c) 回焊收尾法

图 2-34　焊缝收尾方法

1）画圈收尾法（见图 2-34a）。焊条移至焊缝终点时，做圆圈运动，直至填满弧坑再拉断电弧，主要适用于厚板焊接的收尾。

2）反复断弧收尾法（见图 2-34b）。焊条移至焊缝终点时，在弧坑上要反复熄弧–引弧数次，直到填满弧坑为止。一般它适用于薄板和大电流焊接，但碱性焊条不适用此法。

3）回焊收尾法（见图 2-34c）。焊条移至焊缝收尾处立即停止，但未熄弧，此时适当改变角度，焊条由位置 1 转到位置 2，待填满弧坑再转到位置 3，然后慢慢拉断电弧。它适用于碱性焊条。

第3章 维修电工常用工具和仪表

3.1 电工常用工具

3.1.1 低压验电笔

低压验电笔是用来检测低压导体和电气设备外壳是否带电的常用工具，检测电压的范围通常为 60～500V。低压验电笔的外形通常有钢笔式和螺丝刀式两种，如图 3-1 所示。



a) 钢笔式验电笔外形



b) 螺丝刀式验电笔外形

图 3-1 低压验电笔

使用低压验电笔时，必须按图 3-2 所示的方法握笔，以手指触及笔尾的金属体，使氖管小窗背光朝自己。当用

验电笔测带电体时，电流经带电体、验电笔、人体、大地形成回路，只要带电体与大地之间的电位差超过 60V，验电笔中的氖管就发光。电压高，发光强，电压低，发光弱。使用低压验电笔时应注意以下事项：

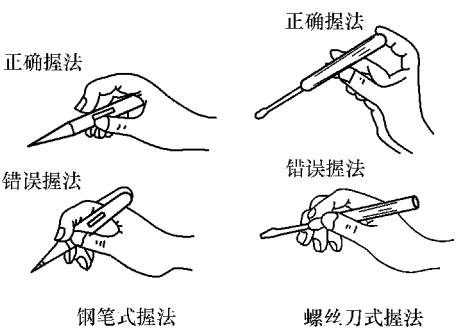


图 3-2　低压验电笔的使用方法

1）低压验电笔使用前，应先在确定有电处测试，证明验电笔确实良好后方可使用。

2）验电时，一般用右手握住验电笔，此时人体的任何部位切勿触及周围的金属带电物体。

3）验电笔顶端金属部分不能同时搭在两根导线上，以免造成相间短路。

4）普通低压验电笔的电压测量范围在 60 ~ 500V 之间，切勿用普通验电笔测试超过 500V 的电压。

5）如果验电笔需在明亮的光线下或阳光下测试带电体时，应当避光检测，以防光线太强而不易观察到氖管是

否发亮，造成误判。

6）验电笔在使用完毕后要保持清洁，放置干燥处，严防摔碰。

3.1.2　高压验电笔

高压验电笔又称高压测电器、高压测电棒，是用来检查高压电气设备、架空线路和电力电缆等是否带电的工具。10kV 高压验电笔由金属钩、氖管、氖管窗、固定螺钉、护环和握柄等部分组成，如图 3-3 所示。

高压验电笔在使用时，应特别注意手握部位不得超过护环，如图 3-4 所示。



图 3-3　10kV 高压验电笔

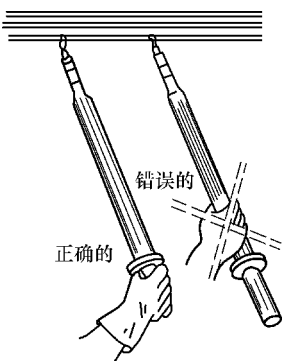


图 3-4　高压验电笔握法

使用高压验电笔验电时应注意以下事项：

1）使用之前，应先在确定有电处试测，只有证明验

电笔确实良好，才可使用，并注意验电笔的额定电压与被检验电气设备的电压等级要相适应。

2）使用时，应使验电笔逐渐靠近被测带电体，直至氖管发光。只有在氖管不亮时，它才可与被测物体直接接触。

3）室外使用高压验电笔时，必须在气候条件良好的情况下才能使用；在雨、雪、雾天和湿度较高时，禁止使用。

4）测试时，必须戴上符合耐压要求的绝缘手套，不可一个人单独测试，身旁应有人监护。测试时要防止发生相间或对地短路事故。人体与带电体应保持足够距离，10kV 高压的安全距离应在 0.7m 以上。

5）对验电笔每半年进行一次发光和耐压试验，凡试验不合格者不能继续使用，试验合格者应贴合格标记。

3.1.3　螺丝刀

螺丝刀又称旋凿、改锥、起子等，是一种手用工具，主要用来旋动（紧固或拆卸）头部带一字槽或十字槽的螺钉、木螺钉，其头部形状分一字槽形和十字槽形，柄部由木材或塑料制成。常用的螺丝刀如图 3-5 所示。



a) 一字槽螺丝刀　　b) 十字槽螺丝刀

图 3-5　螺丝刀

使用螺丝刀时应注意以下事项：

1）电工必须使用带绝缘手柄的螺丝刀。

2）使用螺丝刀紧固或拆卸带电的螺钉时，手不得触及螺丝刀的金属杆，以免发生触电事故。

3）为了防止螺丝刀的金属杆触及皮肤或触及邻近带电体，应在金属杆上套装绝缘管。

4）使用时应注意选择与螺钉顶槽相同且大小规格相应的螺丝刀。

5）切勿将螺丝刀当做錾子使用，以免损坏螺丝刀手柄或刀刃。

3.1.4　钢丝钳

钢丝钳俗称克丝钳，由钳头和钳柄两部分组成，钳头由钳口、齿口、刀口和铡口四部分组成。图3-6所示是钢丝钳的外形。钢丝钳有裸柄和绝缘柄两种，电工应选用带绝缘柄的钢丝钳，且耐压应为500V以上。使用钢丝钳时应注意以下事项：



图3-6　钢丝钳

1）使用前，必须检查绝缘柄的绝缘是否良好，以免在带电作业时发生触电事故。

2）剪切带电导线时，不得用刀口同时剪切相线和零线，或同时剪切两根相线，以免发生短路事故。

3）钳头不可代替锤子作为敲打工具使用。

4）用钢丝钳剪切绷紧的导线时，要做好防止断线弹伤人或设备的安全措施。

5）要保持钢丝钳清洁，带电操作时，手与钢丝钳的金属部分要保持 2cm 以上的距离。

6）带电作业时，钢丝钳只适用于低压线路。

3.1.5　尖嘴钳

尖嘴钳的头部尖细，适用于在狭小的工作空间操作。尖嘴钳有裸柄和绝缘柄两种，绝缘柄的耐压为 500V，电工应选用带绝缘柄的尖嘴钳。尖嘴钳外形如图 3-7 所示。



图 3-7　尖嘴钳

尖嘴钳能夹持较小螺钉、垫圈、导线等元件，带有刀口的尖嘴钳能剪断细小金属丝。在装接控制电路时，尖嘴钳能将单股导线弯成需要的各种形状。使用尖嘴钳时应注意以下事项：

1）不允许用尖嘴钳装卸螺母、夹持较粗的硬金属导线及其他硬物。

2）塑料手柄破损后严禁带电操作。

3）尖嘴钳头部是经过淬火处理的，不要在锡锅或高温条件下使用。

3.1.6　斜嘴钳

斜嘴钳俗称断线钳，钳柄有裸柄、管柄和绝缘柄三种。其中电工用的绝缘柄斜嘴钳的绝缘柄耐压为 500V。斜嘴钳外形如图 3-8 所示。

斜嘴钳是专供剪断较粗的金属丝、线材及导线电缆时使用的。

3.1.7　剥线钳

剥线钳是用来剥削小直径（ϕ0.5～3mm）导线绝缘层的专用工具，其外形如图 3-9 所示。它的手柄是绝缘的，耐压为 500V。



图 3-8　斜嘴钳



图 3-9　剥线钳

剥线钳使用时，将要剥削的绝缘层长度用标尺确定好后，用右手握住钳柄，左手将导线放入相应的刃口中（比导线直径稍大），右手将钳柄握紧，导线的绝缘层即被割破拉开，自动弹出。剥线钳不能用于带电作业。

3.1.8　电工刀

电工刀是用来剖削电线线头、切削木台缺口、削制木

枕的专用工具，其外形如图 3-10 所示。



图 3-10　电工刀

电工刀使用时，应将刀口朝外剖削。剖削导线时，应使刀面与导线成较小的锐角，以免割伤导线，并且用力不宜太猛，以免削破左手。电工刀用毕，应随即将刀身折进刀柄，不得传递未折进刀柄的电工刀。使用电工刀时应注意以下事项：

1）电工刀的刀柄是无绝缘保护的，不能在带电导线或器材上剖削，以免触电。

2）电工刀第一次使用前应开刃。

3）电工刀不许代替锤子用以敲击。

4）电工刀的刀尖是剖削作业的必需部位，应避免在硬器上划损或碰缺，刀口应经常保持锋利，磨刀时宜用油石为好。

3.1.9　活扳手

活扳手是用来旋转六角或方头螺栓、螺钉、螺母的一种常用工具。因它的特点是开口尺寸可以在规定范围内任意调节，所以特别适用于螺栓规格多的场合使用。活扳手由头部和柄部组成，头部由活扳唇、呆扳唇、扳口、蜗轮和轴销等构成，其外形如图 3-11 所示。

使用时，将扳口调节到比螺母稍大些，用右手握手柄，再用右手指旋动蜗轮使扳口紧压螺母。扳动大螺母

时，因为力矩较大，手应握在手柄的尾部，如图3-12a所示。扳动较小螺母时，需用力矩不大，但螺母过小易打滑，故手应握在靠近头部的地方，如图3-12b所示，可随时调节蜗轮，收紧活扳唇，以防止打滑。



图3-11　活扳手

使用活扳手时应注意以下事项：

1）使用扳手时，严禁带电操作。



a) 扳较大螺母的握法　　b) 扳较小螺母的握法

图3-12　活扳手的使用

2）使用活扳手时应随时调节扳口，把工件的两侧面夹牢，以免螺母脱角打滑，不得用力太猛。

3）活扳手不可反用，以免损坏活扳唇，也不可用钢管接长手柄来施加较大的扳拧力矩。

4）活扳手不得当做撬棍和锤子使用。

3.1.10　紧线器

紧线器是在架空线路中，用来拉紧电线的一种工具。

紧线器有钳形紧线器、附有拉力表的紧线器、普通紧线器等多种，其外形如图 3-13 所示。

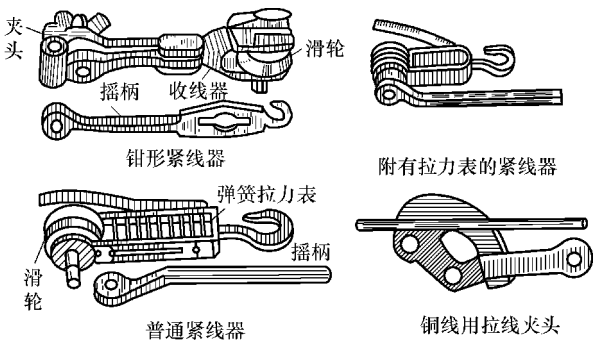


图 3-13　紧线器

使用时将 ϕ4mm 镀锌钢丝绳绕于右端滑轮上，挂置于横担或其他固定部位，用另一端的夹头夹住电线，以摇柄转动滑轮，使钢丝绳逐渐卷入轮内，电线被拉紧而收缩至适当程度。

使用紧线器时应注意以下几点：

1）应根据导线的粗细选用相应规格的紧线器。使用时应将钢丝绳理顺，不能扭曲。

2）棘轮和棘爪应完好活络，不能有脱扣现象。使用时应经常加入机油润滑。

3）使用紧线器时，若发现有滑线现象，应立即停止使用，并采取相应措施（如在导线上绕一层铁丝）将导

线确实夹牢后方可继续使用。

3.1.11　顶拔器

顶拔器俗称拉具、拉马、拉子、拉卸器、扒钩，是电工拆卸带轮、联轴器以及电动机轴承、电动机风叶时使用的一种工具。一般顶拔器的外形如图3-14所示。使用顶拔器时要注意以下几点：



图3-14　顶拔器

1）使用顶拔器拉电动机带轮时，要把顶拔器摆正，丝杆要对准机轴中心，然后用扳手上紧顶拔器的丝杠，用力要均匀。

2）在使用顶拔器时，如果所拉的部件与电动机轴间锈死，要在轴的接缝处浸些汽油或螺栓松动剂，然后用铁锤敲击带轮外圆或丝杆顶端，再用力向外拉带轮。必要时可用喷灯将带轮的外表加热后，再迅速拉下带轮。

3.1.12　手摇绕线机

手摇绕线机的外形如图3-15所示，主要用来绕制小型电动机的线圈、低压电器线圈和小型变压器线圈。手摇绕线机体积小、重量轻、操作简便、能记忆绕制的匝数。在使用手摇绕线机时应注意以下几个问题：



图3-15　手摇绕线机

1）使用时要把绕线机固定在操作台上。

2）绕制线圈时注意记下起头指针所指示的匝数，并在绕制后减去。

3）绕线时操作者用手把导线拉紧拉直，注意对较细的漆包线切勿用力过度，以免将线拉断。

3.1.13　短路侦察器

短路侦察器是电工检测电动机绕组故障的一种专用工具，可以根据需要自行制作，其外形就像小型变压器的一半，如图3-16所示。一般电动机绕组存在匝间短路时，可用短路侦察器查找，把短路侦察器接于220V交流电源上，然后将铁心开口对准被检查线圈所在的槽，这时短路侦察器和定子绕组的一部分线圈组成了一个小型“变压器”，短路侦察器本身的线圈为变压器的一次绕组，而被检测的电动机线圈为变压器的二次绕组。短路侦察器的铁心和定子的一部分组成变压器的磁路。当接上220V交流电后，被检测的定子绕组线圈会产生感应电动势，若有短路线匝存在便会有电流通过，短路侦察器的一次电流也会比较大，同时会使电动机定子绕组线圈周围的铁心产生磁场，这时在槽口处放一些薄铁片，短路线匝因产生的磁通会通过铁片形成回路，将铁片吸引在铁心上，并产生振动，发出响声，这样即可判断出电动机匝间

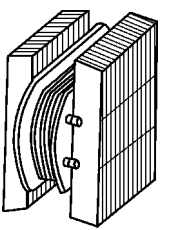


图3-16　短路侦察器

短路点的部位。

利用短路侦察器检查电动机匝间短路时，必须将定子绕组多路线圈并联处断开，否则无法判断短路故障点的位置。

3.1.14　冲击钻

冲击钻是一种电动工具（见图3-17），具有两种功能：一种可作为普通电钻使用，用时应把调节开关调到标记为“钻”的位置；另一种可用来冲打砌块和砖墙等建筑面的木榫孔和导线穿墙孔，这时应把调节开关调到标记为“锤”的位置。通常可冲打直径为6～16mm的圆孔。有的冲击钻还可调节转速，有双速和三速之分。在调速和调挡（“冲”和“锤”）时，均应停转。用冲击钻开錾墙孔时，需配专用的冲击钻头，规格按所需孔径选配，常用的直径有8mm、10mm、12mm和16mm等多种。在冲錾墙孔时，应经常把钻头退出，以利排屑；在钢筋建筑物上冲孔时，遇到坚硬物时不应施加过大压力，以免钻头退火。



图3-17　冲击钻

冲击电钻的使用方法及注意事项如下：

1）钻孔前，先用铅笔或粉笔在墙上标出孔的位置，

用中心冲子冲击孔的圆心。然后选择笔直、锋利、无损、与孔径相同的冲击钻头。

2）打开卡头，将钻头插到底，用卡头钥匙将卡头拧紧。

3）选择适当的钻速。孔径大时用低速，孔径小时用高速。当钻坚硬的墙和石头时，要接通电钻的冲击附件。

4）接通电源后，应使冲击钻空转 1min，以检查传动部分和冲击部分转动是否灵活。

5）双手用力把握电钻，将钻尖抵在中心冲子冲击的凹坑内，使钻头与墙面成 90°角。

6）起动电钻，朝着钻孔方向均匀用力，并使钻头始终保持着与墙面的垂直。在钻孔过程中，要不时退出钻头以清除钻屑。

7）作业时需戴护目镜。作业现场不得有易燃、易爆物品。

8）严格禁止用电源线拖拉机具。机具把柄要保持清洁、干燥、无油脂，以便两手能握牢。

9）遇到坚硬物体，不要施加过大压力，以免烧毁电动机。出现卡钻时，要立即断开开关，严禁带电硬拉、硬压和用力扳扭，以免发生事故。作业时，应避开混凝土中的钢筋，否则应更换位置。

10）作业时双脚要站稳，身体要平衡，不允许不戴手套作业。只允许单人操作。

11）工作后要卸下钻头，清除灰尘、杂质，转动部

分要加注润滑油。工作时间过长，会使电动机和钻头发热，这时要暂停作业，待其冷却后再使用，禁止用水和油降温。

3.1.15　电锤

电工使用的电锤也是一种旋转带冲击电钻的电动工具，它比冲击电钻冲击力大，主要用于安装电气设备时在建筑混凝土柱板上钻孔，电锤也可用于水电安装，敷设管道时穿墙钻孔，电锤的外形如图 3-18 所示。



图 3-18　电锤

使用电锤时应注意以下几点：

1）使用前检查电锤电源线有无损伤，然后用 500V 绝缘电阻表（也称兆欧表）对电锤电源线进行摇测，测得电锤绝缘电阻超过 0.5MΩ 时方能通电运行。

2）电锤使用前应先通电空转 1min，检查转动部分是否灵活，有无异常杂音，换向器火花是否正常，待检查电锤无故障时方能使用。

3）工作时应先将钻头顶在工作面上，然后再接通开关。钻头应与工作面垂直，并经常退出钻头排屑，防止钻头扭断或崩头。钻孔时不宜用力过猛，转速异常降低时应减小压力。电锤因故突然停转或卡钻时，应立即切断电

源，检查出原因后方能再起动电锤。

4）用电锤在墙上钻孔时应先了解墙内有无电源线，以免钻破电线发生触电。在混凝土中钻孔时，应注意避开钢筋，如钻头正好钻在钢筋上，应立即退出，然后重新选择位置，再进行钻孔。

5）在钻孔时如对孔深有一定要求，可安装定位杆来控制钻孔深度。用于混凝土、岩石、瓷砖上打孔时，宜套上防尘罩。

6）电锤在使用过程中，如果发现声音异常，应立即停止钻孔，如果因连续工作时间过长，电锤发烫，也要停止电锤工作，让其自然冷却，切勿用水淋浇。

7）电锤使用一定时间后，会有灰尘、杂物进入冲击活塞，导致卡塞。这时需将机械部分拆下，清洗各零部件，并加新的润滑脂。

8）使用电锤时要有漏电保护装置，只允许单人作业。

3.1.16　喷灯

喷灯是一种利用喷射火焰对工件进行加热的工具，常用来焊接铅包电缆的铅包层、大截面铜导线连接处的搪锡，以及其他电连接表面的防氧化镀锡等。



图 3-19　喷灯

喷灯的外形构造如图 3-19 所示。按使

用燃料的不同，喷灯分煤油喷灯（MD）和汽油喷灯（QD）两种。

1. 喷灯的使用方法

1）加油：旋下加油阀上的螺栓，倒入适量的煤油或汽油，一般以不超过筒体的3/4为宜，保留一部分空间贮存压缩空气，以维持必要的空气压力。加完油后，应旋紧加油孔的螺栓，关闭放油阀的阀杆，擦净撒在外部的油，并检查喷灯各处是否有渗漏现象。

2）预热：在预热燃烧盘（杯）中倒入2/3汽油，点燃，预热火焰喷头。

3）喷火：待火焰喷头烧热后，燃烧盘中汽油烧完之前，打气3～5次，将放油阀旋松，使阀杆开启，喷出油雾，喷灯即点燃喷火。而后继续打气，到火力正常时为止。

4）熄火：若需熄灭喷灯，应先关闭放油阀，直到火焰熄灭，再慢慢旋松加油孔螺栓，放出筒体内的压缩空气。

2. 使用喷灯时的注意事项

1）不得在煤油喷灯的筒体内加入汽油，也不得在汽油喷灯的筒体内加入煤油。

2）汽油喷灯在加汽油时，应先熄火，再将加油孔上螺栓旋松，听见放气声后不要再旋出，以免汽油喷出，待气放尽后，方可开盖加油。

3）在加汽油时，周围不得有明火。

4）打气压力不可过高，打气完后，应将打气柄卡牢固定在泵盖上。

5）在使用过程中，应经常检查油筒内的油量是否少于筒体容积的 1/4，以防筒体过热发生危险。

6）经常检查油路密封圈零件配合处，是否有渗漏跑气现象。

7）使用完毕应将剩气放掉。

3.1.17　电烙铁

电烙铁是用来焊接电气、电子电路及元器件的专用工具，分为内热式和外热式两种，如图 3-20 所示。电烙铁常用的是内热式，有多种规格。



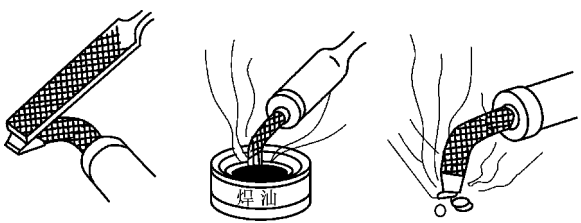
图 3-20　电烙铁

电烙铁的功率应选用适当，钎焊弱电元器件用 20 ~ 40W 以内的；钎焊强电元器件要选用 45W 以上的。若用大功率电烙铁钎焊弱电元器件不但浪费电力，还会烧坏元器件；用小功率电烙铁钎焊强电元器件，则会因热量不够而影响焊接质量。

1. 电烙铁焊接方法

1）对新购的电烙铁，应用细钢锉将其铜头端面（对大容量的铜头，还包括其端部的两个斜侧面）打出铜面，然后通电加热，并将铜头端部浸入到焊剂（焊剂一般有

松香、松香酒精溶液和焊膏）中，待加热到能熔锡时，将铜头压在锡块上来回推拉，或用焊锡丝压在铜头端部，使铜头端部全面均匀地涂上一层锡。经过这一过程后，在焊接时铜头才能“叨”上锡来，上述过程如图3-21所示。



a) 用细钢锉锉铜头端部　b) 钢头端部浸入焊剂　c) 铜头端部均匀涂上焊锡

图3-21　电烙铁铜头上锡过程

2）用电工刀或砂布先清除连接线端或待焊部位的氧化层，使之露出内部金属。对于细导线，应避免因用力过大使导线断线。

3）在待焊接处均匀地涂上一层焊剂。松香焊剂适用于所有电子元器件和小线径线头的焊接；松香酒精溶液适用于小线径线头和强电领域小容量元器件的焊接；焊膏适用于大线径线头焊接和大截面导体表面或连接处的焊接。

4）焊接时，将烙铁头先蘸一些焊锡轻压在待焊部位，让锡慢慢流入待焊部位的缝隙中。也可将焊锡丝抵在铜头端与待焊件接触处，使之熔化流入焊接部位。烙铁头

停留时间要根据焊件的大小而决定。为防止因过热而损伤被焊的晶体管等元器件，可用镊子钳等工具夹在焊接部位上方散热。待焊锡在焊接处均匀地熔化并覆盖好预定焊面时，则应将电烙铁提起。为防止提起后焊点出现“小尾巴”或与附近焊点粘连，焊接时锡的用量要适当，提起电烙铁应迅速或沿侧向移出。

2. 使用电烙铁时注意事项

1）在金属工作台、金属容器内或潮湿导电地面上使用电烙铁时，其金属外壳应妥善接地，以防触电。

2）电烙铁不能在易爆场所或腐蚀性气体中使用。

3）电烙铁不可长时间通电。长期通电产生高温会“烧死”烙铁头，即会在烙铁头表面上产生一层氧化层。氧化层起阻热作用，被氧化了的烙铁头不能迅速地将其热量传导到被焊接物体表面，使得电烙铁挂不上锡，焊接不能正常进行。这时要用刀片或细锉将氧化层清除，挂上锡后继续使用。

4）使用电烙铁时，不准甩动烙铁头，以免锡珠溅出灼伤人体。

5）对于小型电子元器件（如晶体管等）及印制电路板，焊接温度要适当，加温时间要短，一般焊接时间为 2 ~ 3s。

6）对于截面积为 2. 5mm^2 以上导线、电器元件的底盘焊片及金属制品，加热时间要充分，以免引起“虚焊”。

7）各种焊剂都有不同程度的腐蚀作用，所以焊接完毕后必须清除残留的焊剂（松香焊剂除外）。

8）焊接完后，要及时清理焊接中掉下来的锡渣。

3.2　常用仪表及其故障检修

3.2.1　电流表

电流表可分为交流、直流两大类，这两类电流表在电气设备电路中都是与被测电路串联使用的。为了不影响电路本身的工作，要求电流表的内阻越小越好。电流表外形如图 3-22 所示。

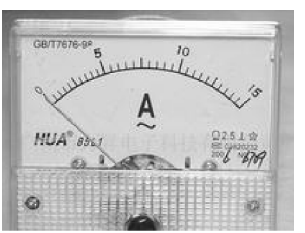


图 3-22　电流表

1. 直流电流表的接线

直流电流表的接线端子要分清正负极性，串联在电路中时，电流应流入电流表的正极，再从电流表的负极流出，如图 3-23 所示。电流表直接接入电路中使用时，只适用于测量电流不太大的电路。

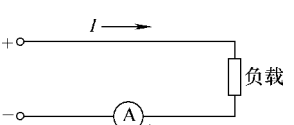


图 3-23　直接接入式电流表电路

由于工作的需要，有时需测量数十安到数百安的直流电流，由于电流表本身允许通过的电流较小，这就需要在电流表接线端子两端并联一只低值电阻。这种只能通过很大电流的低值电阻叫做分流器。分流器在电路中与负载串联，大部分被测电流通过分流器分流，而电流表并联在分

流器两端，只有少量被测电流流入，其接线方法如图 3-24所示。

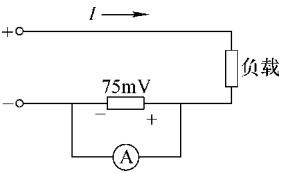


图 3-24　直流电流表接分流器电路

测量较大电流的电流表，表盘上一般都标示着配接外附分流器的符号。例如，50A 电流表上标明 75mV 的分流器，那么选择分流器的额定电流也应为 50A、75mV 的直流分流器，故此分流器是与电流表配套使用的。另外，在安装时还要注意分流器与电流表之间的距离尽可能地近一些，导线一般用多股铜线为好，导线电阻应在 0.035Ω ± 0.002Ω 以内。

2. 交流电流表的接线

交流电流表在测量较小的电流时也是直接与负载串联，其接线电路如图 3-25 所示。但也有一种较老式的交流电流表，如 1T1 – A 型电磁系交流电流表，其量程大，可串接互感器后接入电路中，最大能测量 200A。

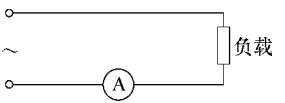


图 3-25　交流电流表直接接入式电路

一般新型交流电流表，在低压电路中测量较大电流时，需要配接电流互感器，其接线方法如图 3-26 所示。它是将电流互感器一次绕组与电路中的负载串联，二次绕组接电流表。通常电流互感器的一次绕组通过最大电流值

时，二次绕组的电流为5A。只要所选用的电流互感器和电流表上所标的电流比值相同，就可直接从表盘上读出一次电流值。例如，选用300A/5A的电流互感器时，可测量的最大电流是300A，当一次绕组通入300A电流时，二次绕组只将5A电流通入电流表，而表盘上指示的是300A的电流。值得一提的是，目前新型的电流互感器较老式的优越，它是穿心式互感器，只要将被测电路从电流互感器中心穿过即可测量，十分方便。

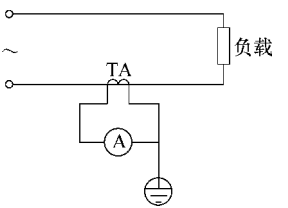


图3-26　交流电流表接互感器的接线电路

3. 安装使用电流表时的注意事项

1）电流表的安装地点应清洁、干燥、无振动、无高温，且附近不存在强磁场，如电动机、变压器等。安装时电流表应平正，安装位置应高低适当，以便于读数。

2）电流表在安装和拆卸之前，应先切断电源。搬运和装拆电流表时应小心，轻拿轻放，不可受到强烈的振动和撞击，以防损坏电流表的零件，特别是电流表的轴承和游丝。

3）电流表接入电路以前，应先估计电路中被测电流的大小，判断是否在电流表最大量程以内，电流表的最大量程以被测量数据的1.5～2倍为宜。若被测参数为直流，还应预先判定极性，以免烧坏电流表。

4）为了便于监视设备的运行情况，通常在电流表上标出设备的额定电流值或允许的电流值，以便在设备运行中加强监视，及时处理。

5）为了使电流表有较高的测量准确度，在电流表的标度盘上用一黑点来区别标度盘的工作部分和非有效工作部分。通常，黑点以上（在标度盘的 20% ~ 100% 范围内）为工作部分，黑点以下（标度盘的 20% 以下）为非有效工作部分。如果电流表测量的示值在黑点以下，应按要求调换合适的电流表或互感器，以保证测量的准确性。

6）微安表一般都是磁电系仪表，其线圈、轴和指针都非常脆弱。为此，使用微安表后，应将微安表的两个接线柱短接，这样可以防止微安表损坏。

7）外配电流互感器必须与仪表标定的电流比值相符，准确度等级相匹配。

8）因为电流互感器通常是在短路状态下运行的，其二次回路在任何时候都不得开路。其二次回路一旦开路，一次电流就会全部用于励磁，电流互感器的二次侧将产生峰值相当高的电压，对人身和仪器仪表的安全造成威胁。因此，如果需要在运行中的电流互感器二次回路上工作，则必须按照有关安全工作规程的规定，将工作部分的电源侧妥善短路后，再进行工作。

9）装有换相开关的电流表，当电动机起动时，应将换相开关转换到“0”位，以防止指针受到冲击。

10）电流表的指针须经常注意作零位调整。如指针

不在零位上，可旋动电流表上的零位调节器，使指针指在零点位置。

4. 电流表的常见故障及检修方法（见表 3-1）

表 3-1　电流表的常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
电流表不指示电流	1. 被测电路无电流通过 2. 电流表接线电路有断路处 3. 电流表接有互感器的二次侧有断路处 4. 电流表内部线圈断路	1. 查找外部因素加以解决 2. 查出电路的断线处加以接通 3. 立即断开电源，找出断线原因，并接通带电流互感器的二次回路 4. 用万用表测电流表线圈是否断路，如断路要换线圈
电流表指示不准	1. 表内弹簧游丝被卡住 2. 指针与面板接触阻力大 3. 表内线圈短路或电流表与互感器比值不配套	1. 更换弹簧游丝 2. 校准指针并垫高外罩 3. 更换电流表线圈。更换与电流表配套的电流互感器

3.2.2　电压表

测量电路电压的仪表叫做电压表。电压表一般以伏（V）为单位，也有的以千伏（kV）或者毫伏（mV）为单位。电压表的外观如图 3-27 所示。

1. 交流电压表的接线

电压表可分为交流和直流两大类，无论是交流电压表还是直流电压表，它均与被测电路并联，如图 3-28 所示。

为了不影响电路本身的工作状态，电压表一般内阻很大，测量的电压越高，内阻也越大。通常测量较高电压的电压表里都串联着一只电阻，以减小电压表里所通过的电流。有些老式交流电压表表盘上注有“外附电阻”的字样，外附电阻是电压表的附件，必须接上，否则会烧毁电压表。



图 3-27　电压表

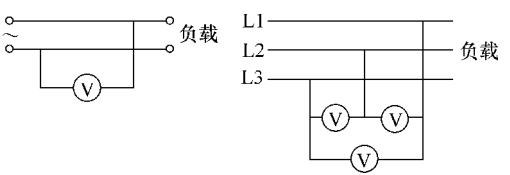


图 3-28　交流电压表接法

在电压较高的电气设备中不能用普通电压表直接测量时，可经电压互感器降压后再接入电压表（见图 3-29）。高压应用中，电压互感器一次绕组接到电压较高的电路上，二次绕组接在电压表两个接线柱上，电压互感器大都采用标准的电压比值，例如 3000V/100V，6000V/100V，10000V/100V 等。这样，尽管电气设备上的电压高达 3000V，而接至电压表上的电压只有 100V。使用中应注意安全。

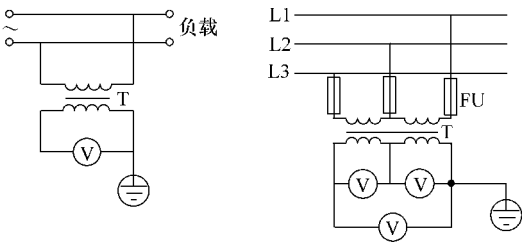


图 3-29　带电压互感器的电压表接法

2. 直流电压表的接线

直流电压表的接线与交流电压表基本相同，只是电压表上的正负极须与电路上的正负极连接一致，图 3-30 所示为直流电压表的常用接线方法。一般电压表用来测量电气设备电路中的电压时可将电压表直接接入电路，如图 3-30a 所示。接线时应注意电压表上的正负极性与电路中电压的正负极性相对应。如果电压表测量机构的内阻 R 不够大而测量电压又较高，就需增加一串联电阻 R_U 来降低仪表机构的电压，这个电路中的电阻也称倍压器，如图 3-30b 所示。

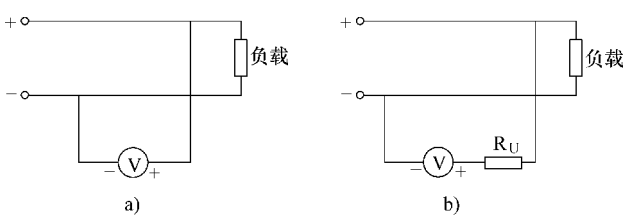


图 3-30　直流电压表的常用接线方法

3. 安装使用电压表时的注意事项

1）电压表的安装地点应清洁、干燥、无振动、无高温，且附近不存在强磁场，如电动机、变压器等。电压表安装应牢固，不应松动与倾斜，安装位置应高低适当，以便于读数。

2）在安装和拆卸电压表之前，应先切断电源。仪表在运输、装卸中严禁冲击和碰撞。

3）电压表接入电路以前，应先估计电路中被测电压的高低，判断是否在电压表最大量程以内，电压表的最大量程以被测量数据的 1.5 ~2 倍为宜。若被测参数为直流，还应预先判定极性，以免烧坏电压表。

4）外配电压互感器必须与仪表标定的电压比值相符，准确度等级相匹配。

5）为了使电压表有较高的测量准确度，在电压表的标度盘上用一黑点来区别标度盘的工作部分和非有效工作部分。通常，黑点以上（在标度盘的 20% ~100% 范围内）为工作部分，黑点以下（标度盘的 20% 以下）为非有效工作部分。如果电压表测量的示值在黑点以下，应按要求调换合适的电压表或电压互感器，以保证测量的准确性。

6）毫伏表一般都是磁电系仪表，其线圈、轴和指针都非常脆弱。为此，使用毫伏表后，应将电压表的两个接线柱短接，这样可以防止电压表损坏。

7）电压表的指针须经常注意作零位调整。如指针不在零位上，可旋动电压表上的零位调节器，使指针指在零

点位置。

4. 电压表的常见故障及检修方法（见表3-2）

表3-2　电压表的常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
电压表不指示电压	1. 电路中无电压 2. 电路中熔体已断 3. 带有电压转换开关的触头有接触不良处 4. 电压表内部电路断路或线圈断路	1. 检查电路故障，经处理后送电 2. 检查该支路的熔体是否熔断，及时更换熔体 3. 若转换开关触头接触不良，要打开开关修复，严重时要更换 4. 接好电压表内部断线处，如无断线点，要用万用表电阻挡测电压线圈是否断路，断路时要更换线圈
电压表指示不准确	1. 指针弹簧游丝被卡住 2. 指针与面板或外罩玻璃碰触，指针阻力大 3. 串接的分压电阻阻值改变	1. 检查指针弹簧游丝被卡住的原因，修复或更换游丝 2. 校准指针，把外罩玻璃垫高些 3. 更换与电压表配套的分压元件

3.2.3　电能表

电能表又叫做千瓦小时表、电度表，俗称火表。电能

表是用来计量电气设备所消耗电能的仪表，具有累计功能。电能表分为单相电能表和三相电能表两种。单相电能表用于单相用电设备（如照明电路）的电能计量，三相电能表用于三相用电设备（如三相异步电动机）的电能计量。电能表的外形如图 3-31所示。



图 3-31　电能表

1. 单相电能表的选用

电能表的选用要根据负载来确定，也就是说，所选电能表的容量或电流是根据计算电路中负载的大小来确定的，容量或电流选择大了，电能表不能正常转动，会因本身存在的误差影响计算结果的准确性；容量或电流选择小了，会有烧毁电能表的可能。一般应使所选用的电能表负载总瓦数为实际用电总瓦数的 1.25 ~ 4 倍。所以在选用电能表的容量或电流前，应先进行计算。例如，家庭使用照明灯 4 盏，约为 120W；使用电视机、电冰箱等电器，约为 680W；试选用电能表的电流容量。由此得：800W × 1.25 = 900W，800W × 4 = 3200W，因此选用电能表的负载瓦数在 900 ~ 3200W 之间。查表 3-3 可知，选用电流容量为 10 ~ 15A 的电能表较为适宜。

表 3-3　单相电能表的规格

电能表电流容量/A	1	2.5	3	5	10	15	20
负载总瓦数/W	220	550	660	1100	2200	3300	4400

2. 电能表的抄表和读数

（1）普通跳字型指示盘电能表的读数

跳字型指示盘电能表又称直读数字电能表。这种电能表指示盘的读取方法很简单，可以在电能表指示盘上按个、十、百、千的数字直接读取数值。第二次抄表的数字减去第一次抄表的数字，就是两次抄表期间的用电量（单位为 kW·h，俗称度）。如电能表本月末是 765.9，上月末是 732.6，则本月实际用电量为 765.9kW·h − 732.6kW·h = 33.3kW·h。

当计数器从 9999.9 变成 0000.0 时，叫做计数器翻转，抄表时要在最高位前加 1。例如，从 9999.7 走到 0003.6，实际用电量为

$$10003.6\text{kW}\cdot\text{h} - 9999.7\text{kW}\cdot\text{h} = 3.9\text{kW}\cdot\text{h}$$

（2）标有倍率的电能表的读数

电能表的刻度盘上，有的标有“×10”或“×50”或“乘率 10 或 50”等字样。“×”或“乘率”表明这块表读数取数值或计算用电量时，需要乘一个倍数数值。例如，从一块电能表刻度上读取积算用电量时，数值为

888.8，如果表盘上标有“乘率10”或“×10”字样，则它的实际用电量应为

$$888.8\text{kW}\cdot\text{h}\times 10 = 8888\text{kW}\cdot\text{h}$$

（3）经电流、电压互感器接入的电能表的读数

互感器的变比与电能表标明的一致时，电能表的读数值乘以互感器的变比，才是被测电量的实际值。如电能表上标注互感器变比为3000V/100V、100A/5A，而实际使用的互感器变比也是3000V/100V、100A/5A，若这只电能表的积算数值为326.8，则被测电路中实际用电量为

$$(326.8\times 3000/100\times 100/5)\text{kW}\cdot\text{h} = 196080\text{kW}\cdot\text{h}$$

3. 电能表的安装要求

电能表既可以单表或多表安装在专用电能表箱或电能表板上，也可以与断路器、熔断器、剩余电流保护器（曾称漏电保护器）等一起装在配电箱（板）上。电能表的安装应符合以下要求：

1）电能表应安装在干燥、无振动和无腐蚀性气体的场所，离开暖气管等热管至少在0.5m以上，且尽量安装在明亮的地方，以便于抄表和装拆。

2）安装时，表箱下沿离地面不低于1.3m，一般为1.4～1.5m；表板下沿离地面为1.8m。但大容量、多只表集中安装时，允许表箱（板）下沿离地面1～1.2m。

3）电能表应垂直安装，不能歪斜，允许偏差不得超过1°。对于机械式电能表来说，电能表倾斜5°，会引起

10% 的计量误差。

4）电能表安装处应无强电场和磁场干扰。例如，电能表与电流为 100A 以上导线之间的距离应不小于 400mm。

5）电能表进线必须明线敷设，如系塑料绝缘线则应用线槽或明设管线安装；如系护套线则应采用塑料钢钉线卡支持，不准把导线穿入表板背后，也不准采用任何暗设的安装形式。

6）电能表进线应敷设在电能表左侧，电能表出线应敷设在右侧，不可装反；若用管线敷设时，电能表的出线不准穿入电能表进线的管子内，应另设出线管，以免混淆不清和发生短路时影响电能表的正常运行。

7）电能表的总线，即总熔断器到电能表及电能表到户内总控制开关的两段电线应采用铜芯电线，它的截面积不得小于 2.5mm^2。

8）在雷电事故频发的地区，应在电能表安装处采取避雷措施，以避免因雷击而损坏电能表。

4. 单相电能表的安装

单相电能表的安装方法如图 3-32 所示。①在墙上准备装电能表的地方塞上三个木榫，木榫的位置应在电能表外形框线以内。②在配电板上固定好电能表、断路器、刀开关、剩余电流保护器和熔断器等，并打好穿导线的孔。③打开接线端子盖子，连接好电能表及各电气设备的连线。④用三枚木螺钉把木板固定在预埋木榫上，事先应将

电源进线从配电板背面引入电能表接线孔。⑤根据电能表接线端子背面的接线图接线。接好线后把大罩盖盖上。

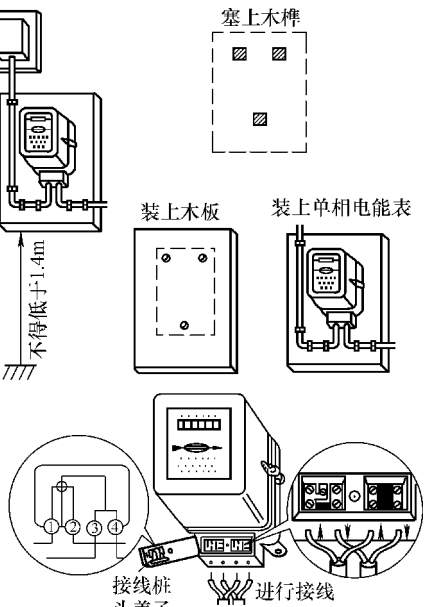


图 3-32　单相电能表的安装

5. 单相电能表的接线

单相电能表共有 4 个接线桩头，从左到右按 1、2、3、4 编号。我国电能表常用的接线方式是按号码 1、3 接进线，2、4 接出线，如图 3-33a 所示。在接线时可参照电

能表接线桩头盖子上的电路图。如果负载电流超过电能表电流线圈的额定值，则应通过电流互感器接入电能表，使电流互感器的一次侧与负载串联，二次侧与电能表电流线圈串联，如图 3-33b 所示。

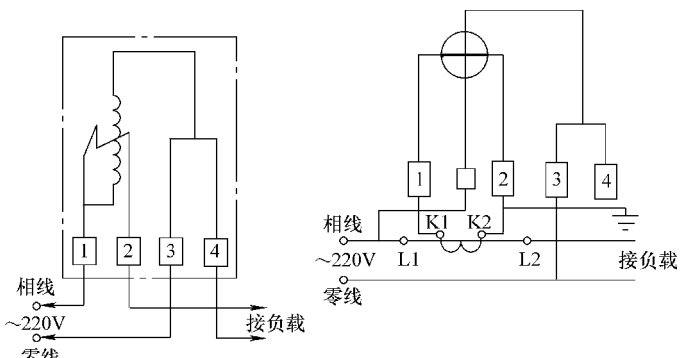


图 3-33　单相电能表的接线

6. 单相电能表的使用和维护

1）用户发现电能表有异常现象时，不得私自拆卸，必须通知有关部门做处理。

2）保持电能表的清洁，表上不得挂物品，当电路有电时，不得经常低于电能表额定值的 10% 以下，否则应更换容量相适宜的电能表。

3）电能表正常工作时，由于电磁感应的作用，有时

会发出轻微的“嗡嗡”响声，这是正常现象。不会损坏机件，不影响使用寿命，也不会妨碍计量的准确度。

4）如果发现所有电器都不用电时，表中铝盘仍在转动，应拆下电能表的出线端。如果铝盘随即停止转动，或转动几圈后停止，表明室内电路有漏电故障；若铝盘仍转动不止，则表明电能表本身有故障。

5）电能表每月自身耗电量约为 1kW · h，因此若作分表使用时，每月应向总表贴补 1kW · h 电费，向总表贴补的电费与分表用电量的多少无关。

6）转盘转动的快慢与用户用电量的多少成正比，但不同规格的表，尽管用电量相同，转动的快慢也不同，或者虽然规格相同、用电量相同，但电能表的型号不同，转动的快慢也可能不同，所以单纯从转盘转动的快慢来证明电能表准不准是不确切的。

7. 三相有功电能表的安装和接线

三相三线有功电能表的额定电压一般为 380V，额定电流有 5A、10A、15A、20A、25A 等数种。三相四线有功电能表用于动力和照明混合供电的三相四线制电路中，它的额定电压一般为 220V，额定电流有 5A、10A、15A、20A、25A 等数种。

1）三相三线有功电能表直接接线如图 3-34 所示。直接接线式三相三线有功电能表共有八个接线端头，其中 1、4、6 是电源相线进线端头，3、5、8 是相线出线端头，2、7 两个端头可空着。

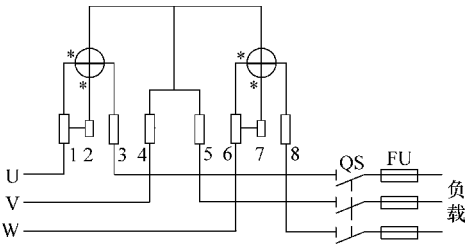


图 3-34　三相三线有功电能表直接接线

2）三相三线有功电能表经电流互感器接线如图 3-35 所示。间接接线式三相三线有功电能表需配两只相同规格的电流互感器。电源进线中的两根相线分别与两只电流互感器一次侧的“ + ”标记接线端头相连接，并分别接到电能表的 2 和 7 号接线端头（2 和 7 号接线端头上的小铜片需拆除）；电流互感器二次侧的“ + ”标记接线端头分别与电能表的 1 和 6 号端头相连；两个“ – ”接线端头相连后接到电能表的 3 和 8 号端头并同时接地。电源进线中的最后一根相线与电能表的 4 号端头相连接并作为这根相线的出线。互感器一次侧的两个“ – ”标记接线端头作为另两相的出线。

3）三相四线有功电能表直接接线如图 3-36 所示。直接接线式三相四线有功电能表共有 11 个接线端头，从左至右按 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11 编号，其中 1、4、7 号是电源相线的进线端头，3、6、9 号是相线的出线端头；10、11 号是电源中性线的进线和出线端头；

2、5、8 号三个接线端头可不接。

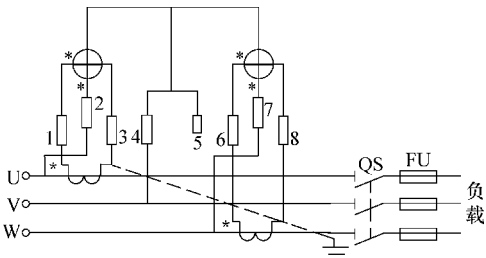


图 3-35　三相三线有功电能表经电流互感器接线

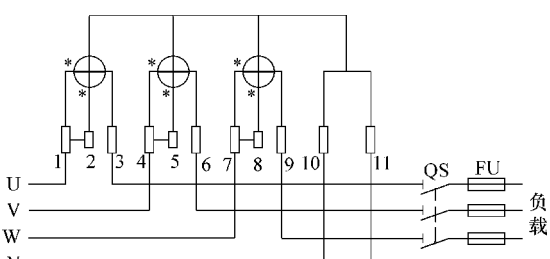


图 3-36　三相四线有功电能表直接接线

4）三相四线有功电能表经电流互感器接线如图 3-37 所示。间接接线式三相四线有功电能表需用三只相同规格的电流互感器。三相电源进线分别与电流互感器一次侧的“+”标记接线端头及电能表的 2、5、8 号接线端头相连(2、5、8 号接线端上连接的小铜片需拆除)；三只电流互感器二次侧的“+”标记接线端头分别与电能表的 1、4、

7号接线端头相连，“－”标记接线端头相并联，再与电能表的3、6、9号接线端头相连接后接地。三只电流互感器的一次侧“－”标记接线端头分别作为三相的出线。中性线与电能表的10号接线端头相连，并从接线端11号引出。

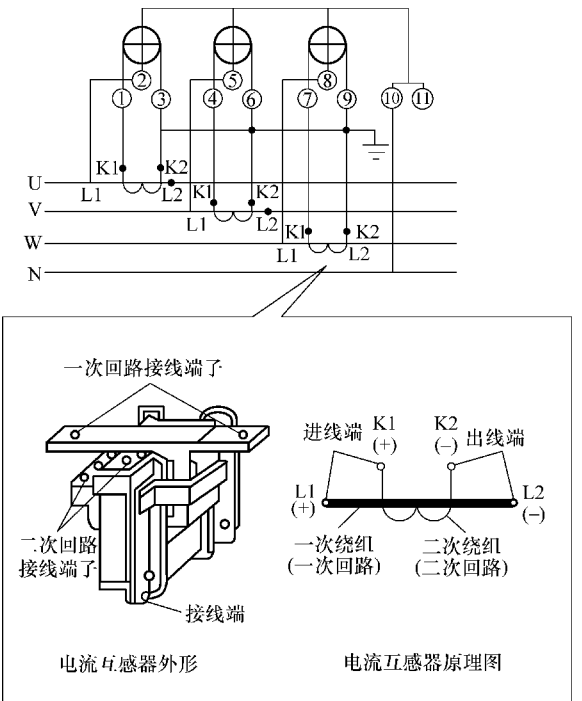


图3-37　三相四线有功电能表经电流互感器接线

三相电能表的安装方法和要求与单相电能表类似。此外，还应注意以下几点：

1）电能表应按规定的相序（正相序）接入电路，并按照端子盖子背面上的接线图进行接线。最好采用铜导线，避免端子盒中的铜接头因接触不良而使计量不准确，甚至烧毁电能表。

2）当经电流互感器接线时应注意：

① 与电流互感器一次接线桩头（L1、L2）连接可采用铝导线或铝排，但与二次接线桩头（K1、K2）连接必须采用单股铜芯绝缘电线，且铜芯线截面积不得小于1.5mm^2。电线中间不得有接头。

② 电流互感器宜装在电能表的上方，以免抄表、操作时碰触带电部分。

③ 电流互感器二次标有“K1”或“+”的接线桩要与电能表电流线圈的进线桩连接，标有“K2”或“-”的接线桩要与电能表的出线桩连接，不可接反，电流互感器的一次标有“L1”或“+”的接线桩，应接电源进线，标有“L2”或“-”的接线桩应接出线。

④ 电流互感器二次的“K2”或“-”接线桩、外壳和铁心都必须可靠的接地。

8. 新型电能表简介

（1）静止式电能表

静止式电能表是借助于电子电能计量先进的机理，继承传统感应系电能表的优点，采用全屏蔽、全密封的结

构，具有良好的抗电磁干扰性能，集节电、可靠、轻巧、高准确度、高过载、防窃电等为一体的新型电能表。

静止式电能表的工作原理：由分流器取得电流采样信号，分压器取得电压采样信号，经乘法器得到电压、电流乘积信号，再经频率变换产生一个频率与电压、电流乘积成正比的计算脉冲，通过分频驱动步进电动机，使计度器计量。

静止式电能表的安装使用要求与一般机械式电能表大致相同，但导线宜粗，避免因接触不良而发热烧毁。静止式电能表安装接线如图 3-38 所示。

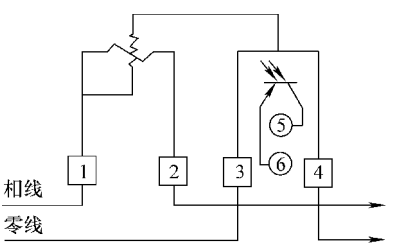


图 3-38　静止式电能表安装接线

（2）电卡预付费电能表（机电一体化预付费电能表）

电卡预付费电能表又称 IC 卡电能表或磁卡电能表。它不仅具有电子式电能表的各种优点，而且电能计量采用先进的微电子技术进行数据采集、处理和保存，实现先付费后用电的管理功能。

电卡预付费电能表由电能计量和微处理器两个主要功能块组成。电能计量功能块使用分流–倍增电路，产生反映用电量多少的脉冲序列，送至微处理器进行电能计量；微处理器则通过电卡接头与电能卡（IC 卡）传递数据，实现各种控制功能。

电卡预付费电能表也有单相和三相之分。单相电卡预付费电能表的接线如图 3-39 所示。

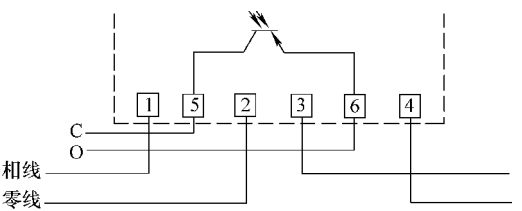


图 3-39　单相电卡预付费电能表安装接线

（3）多费率电能表

多费率电能表是一种机电一体化式的电能表，它采用了以专用单片机为主电路的设计。除具有普通三相电能表的功能外，还设有高峰、峰、平、谷时段电能计量，以及连续时段或任意时段的最大需量指示功能，而且还具有断相指示、频率测试等功能。这种电能表可广泛用于电厂、变电所、厂矿企业，发、供电部门实行峰谷分时电价，限制高峰负载。

9. 电能表的常见故障及检修方法（见表3-4）

表3-4　电能表的常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
单相电能表不转或倒转	1. 直接式单相电能表的电压线圈端子的小连接片未接通电源	1. 打开电能表接线盒，查看电压线圈的小钩子是否与进线相线连接，未连接时要重新接好
	2. 如果是经电流互感器接电能表的，可能是互感器二次侧极性接反	2. 若为互感器二次侧极性接反，要重新连接
	3. 电能表安装倾斜	3. 重新校正电能表的安装位置
	4. 电能表的进出线相互接错引起倒转	4. 单相电能表应按接线盒背面的电路图正确接线
三相四线有功电能表不转或倒转	1. 直接接入式三相四线电能表电压线圈端子连接片未接通电源电压	1. 打开电能表，检查三相四线电能表电压线圈的小钩子连接片是否接通电源电压，如果未接通应接在电源上
	2. 电能表电源与负载的进出线顺序相互接错	2. 对照电能表电路图，把进出线相互调整过来
	3. 电能表的电压线圈与电流线圈在接线中未接在相应的相位上	3. 更正错误接法
	4. 经电流互感器接入的电能表，二次侧极性接反	4. 电流互感器的二次侧一般是有极性的，所以经电流互感器接入电能表的也要纠正接线极性
	5. 电能表的零线未接入表内	5. 检查电能表零线断线故障点，并把电能表零线接上

3.2.4　万用表

万用表又称万能表，是一种能测量多种电量的多功能仪表，其主要功能是测量电阻、直流电压、交流电压、直流电流以及晶体管的有关参数等。万用表具有用途广泛、操作简单、携带方便、价格低廉等优点，特别适用于检查电路和修理电气设备。

1. 指针式万用表的使用方法

图 3-40 所示为 500 型万用表的外形，以此为例来说明指针式万用表的使用方法。



图 3-40　500 型万用表

（1）使用前的检查和调整

检查红色和黑色表笔是否分别插入红色插孔（或标有“+”号）和黑色插孔（或标有“-”号）并接触紧密，引线、表笔、插头等处有无绝缘破损露铜现象。如有问题应立即解决，否则不能保证使用中的人身安全。观察万用表指针是否停在左边零位线上，如不指在零位线时，应调整中间的机械零位调节器，使指针指在零位线上。

（2）用转换开关正确选择测量种类和量程

根据被测对象，首先选择测量种类。严禁当转换开关

置于电流挡或电阻挡去测量电压，否则将损坏万用表。测量种类选择妥当后，再选择该种类的量程。测量电压、电流时应使指针偏转在标度尺的中间附近，这样读数较为准确。若预先不知被测量的大小范围，为避免量程选得过小而损坏万用表，应选择该种类最大量程预测，然后再选择合适的量程。

（3）正确读数

万用表的标度盘上有多条标度尺，它们代表不同的测量种类。测量时应根据转换开关所选择的种类及量程，在对应的标度尺上读数，并应注意所选择的量程与标度尺上读数的倍率关系。另外，读数时，眼睛应垂直于表面观察表盘。如果视线不垂直，将会产生视差，使得读数出现误差。为了消除视差，MF47 等型号万用表在表面的标度盘上都装有反光镜，读数时，应移动视线使指针与反光镜中的指针镜像重合，这时的读数无视差。

（4）电阻的测量

1）被测电阻应处于不带电的情况下进行测量，以防止损坏万用表。被测电路不能有并联支路，以免影响准确度。

2）按估计的被测电阻值选择电阻量程开关的倍率，应使被测电阻接近该挡的欧姆中心值，即使指针偏转在标度尺的中间附近为好，并将交、直流电压量程开关置于“Ω”挡。

3）测量以前，先进行“调零”。如图 3-41 所示，将两表笔短接，此时指针会很快指向电阻的零位附近，若指针未停在电阻零位上，则应旋动表盘下面的“0Ω”调节钮，使其刚好停在零位上。若调到底也不能使指针停在电阻零位上，则说明表内的电池电压不足，应更换为新电池后再重新调节。测量中每次更换挡位后，均应重新校零。

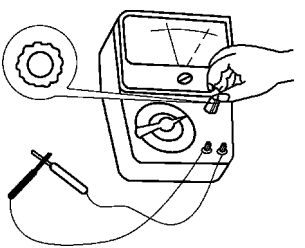


图 3-41　进行欧姆调零

4）测量非在路的电阻时，将两表笔（不分正、负）分别接被测电阻的两端，万用表即指示出被测电阻的阻值。测量电路板上的在路电阻时，应将被测电阻的一端从电路板上焊开，然后再进行测量，否则由于电路中其他元器件的影响，测得的电阻误差将很大。测量高值电阻时，手不要接触表笔和被测物的引线。

5）将读数乘以电阻量程开关所指倍率，即为被测电阻的阻值。

6）测量完毕后，应将转换开关旋到交流电压最高量程上，可防止转换开关放在电阻挡时表笔短路，长期消耗电池。

（5）测量交流电压

1）将转换开关转到“$\underset{\sim}{V}$”挡的最高量程，或根据被

测电压的概略数值选择适当量程。

2）测量1000～2500V的高压时，应采用专测高压的高级绝缘表笔和引线，将测量选择开关置于“1000 $\underset{\sim}{\text{V}}$”挡，并将正表笔改插入“2500V”专用插孔。测量时，不要两只手同时拿两支表笔，必要时使用绝缘手套和绝缘垫；表笔插头与插孔应紧密配合，以防止测量中突然脱出后触及人体，使人触电。

3）测量交流电压时，把表笔并联于被测的电路上。转换量程时不要带电。

4）测量交流电压时，一般不需分清被测电压的相线和零线端的顺序，但已知相线和零线时，最好用红表笔接相线，黑表笔接零线，如图3-42所示。

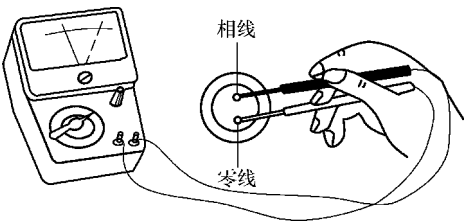


图3-42　用指针式万用表测量交流电压

（6）测量直流电压

1）将表笔插在“+”插孔，去测电路“+”（正）极；将黑表笔插在“-”插孔，去测电路“-”（负）极。

2）将万用表的量程开关置于“$\underline{\text{V}}$”的最大量程，或

根据被测电压的大约数值，选择合适的量程。

3）如果指针反偏，则说明表笔所接极性反了，应尽快更正过来重测。

（7）测量直流电流

1）将转换开关转到“mA”挡的最高量程，或根据被测电流的大约数值，选择适当的量程。

2）将被测电路断开，留出两个测量接触点。将红表笔与电路正极相接，黑表笔与电路负极相接。改变量程，直到指针指向刻度盘的中间位置。不要带电转换量程，如图 3-43 所示。

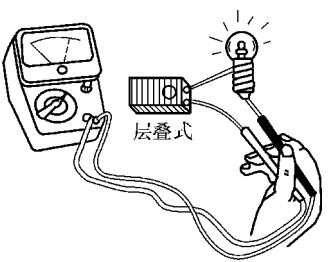


图 3-43　用指针式万用表测量直流电流

3）测量完毕后，应将转换开关转到电压最大挡上。

2. 数字万用表的使用方法

数字万用表以其测量准确度高、显示直观、速度快、功能全、可靠性好、小巧轻便、省电及便于操作等优点，受到人们的普遍欢迎。图 3-44 所示为 DT-830 型数字万用表的面板。

1）当万用表出现显示不准或显示值跳变异常情况时，可先检查表内 9V 电池是否失效，若电池良好，则表内电路有故障，应检修。

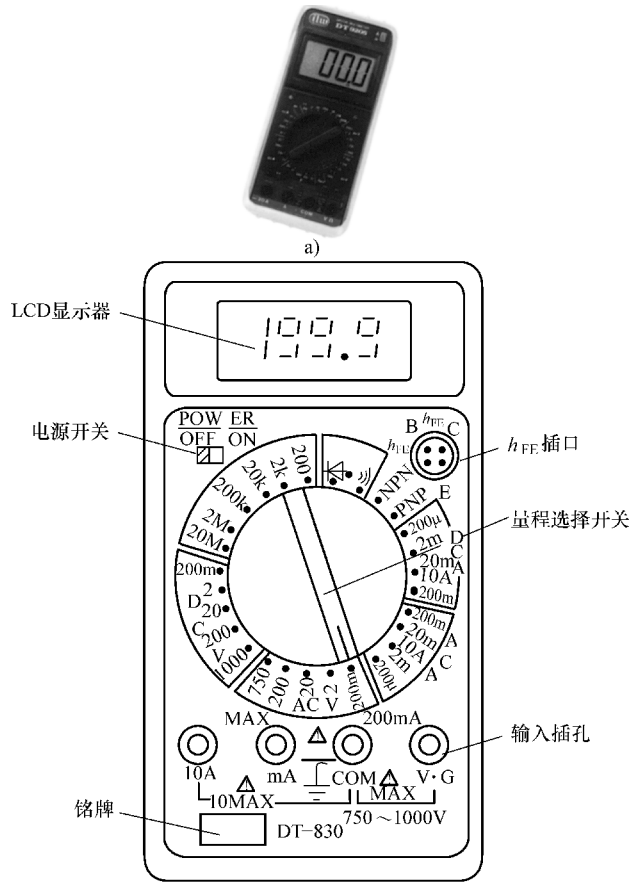


图 3-44　DT-830 型数字万用表

2）直流电压的测量。将量程选择开关有黑线的一端拨至“DC V”范围内的适当量程挡，黑表笔接入“COM”插孔，红表笔插入“V·Ω”插孔。将电源开关拨至“ON”位置，红表笔接触被测电压的正极，黑表笔接负极，显示屏上便显示测量值。如果显示是“1”，则说明量程选得太小，应将量程选择开关拨向较大一级电压挡；如果显示的是一个负数，则说明表笔插反了，应更正过来。量程选择开关置于×200m挡，显示值以“mV”为单位，其余四挡以“V”为单位。

3）交流电压的测量。将量程选择开关拨至“AC V”范围内适当量程挡，表笔接法同上，其测量方法与测量直流电压时相同。

4）直流电流的测量。将量程选择开关拨至“DC A”范围内适当的量程挡，黑表笔插入“COM”插孔，红表笔根据估计的被测电流的大小插入相应的“mA”或“10A”插孔，使仪表与被测电路串联，注意表笔的极性，接通表内电源，显示器便显示直流电流值。显示器显示的数值，其单位与量程开关拨至的相应挡的单位有关。若量程开关置于200m、20m、2m三挡时，则显示值以“mA”为单位；若置于200μ挡，则显示值以“μA”为单位；若置于10A挡，显示值以“A”为单位。

5）交流电流的测量。将量程选择开关拨到“AC A”范围内适当的量程挡，黑表笔插入“COM”插孔，红表笔也按量程不同插入“mA”或“10A”插孔，表与被测

电路串联，表笔不分正负，显示器便显示交流电流值，如图 3-45 所示。

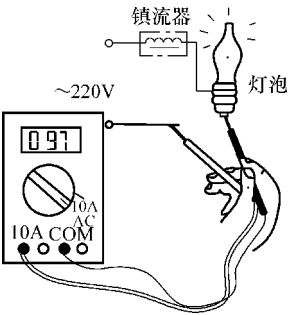


图 3-45　用数字万用表测量交流电流

6）电阻的测量。将量程选择开关拨到“Ω”范围内适当的量程挡，红表笔插入“V·Ω”插孔，黑表笔插入“COM”插孔，两表笔分别接触电阻两端，显示器便显示电阻值。量程开关置于 20M 或 2M 挡，显示值以“MΩ”为单位，200 挡显示值以“Ω”为单位。2k、20k、200k 挡显示值以“kΩ”为单位。需要指出的是不可带电测量电阻。

7）电路通、断的检查。将量程选择开关拨至蜂鸣器挡，红黑表笔分别插入“V·Ω”和“COM”插孔。若被测电路电阻低于“20Ω”，蜂鸣器发出鸣叫声，则说明电路接通。反之，表示电路不通或接触不良。注意，被测电路在测量之前应切断电源。

8）二极管的测量。将量程开关拨至二极管符号挡，红表笔插入“V·Ω”插孔，黑表笔插入“COM”插孔，将表笔尖接至二极管两端。数字万用表显示的是二极管的压降。正常情况下，正向测量时，锗管应显示 0.150～0.300V，硅管应显示 0.550～0.700V，反向测量时为溢出

“1”。若正反测量均显示“000”，说明二极管短路；正向测量显示溢出“1”，说明二极管开路。

9）晶体管 h_{FE} 的测量。根据晶体管的类型，把量程选择开关拨到“PNP”或“NPN”挡，将被测管子的 E、B、C 极分别插入 h_{FE} 插口对应的孔内，显示器便显示管子的 h_{FE} 值，如图 3-46 所示。

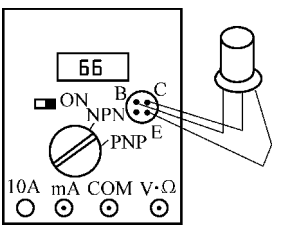


图 3-46　用数字万用表测量晶体管 h_{FE}

3. 万用表的常见故障及检修方法（见表 3-5）

表 3-5　万用表的常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
万用表指针摆动不正常，时摆时阻	1. 机械平衡不好，指针与外壳玻璃或表盘相摩擦 2. 表头线断开或分流电阻断开 3. 游丝绞住或游丝不规则 4. 支撑部位卡死	1. 打开表壳，用小镊子和螺丝刀整修机械摆动部位，使指针摆动灵活 2. 重新焊接表头线，分流电阻断开时重新连接，烧断时要换同型号的分流电阻 3. 用镊子重新调整游丝外形，使其外环圈圆滑，布局均匀 4. 整修支撑部位

（续）

故障现象	产生原因	检修方法
万用表电阻挡无指示	1. 电池无电或接触不良 2. 调整电位器中心焊接点引线断开或电位器接触不良 3. 转换开关触头接触不良或引线断开	1. 重新装配万用表电池，或更换为新电池 2. 重新焊接连线，并调整电位器中心触片使其与电阻丝接触良好 3. 擦净触头油污，并修整触片。如果焊接连接线断开，要重新焊接
万用表电阻挡在表笔短路时，指针调整不到零位，或指针来回摆动不稳	1. 电池电能即将耗尽 2. 串联电阻电阻值变大 3. 表笔插头与万用表插孔处接触不良 4. 转换开关接触不良 5. 调零电位器接触不良	1. 更换为同型号新电池 2. 更换串联电阻 3. 调整插孔弹片，使其接触良好，并去掉表笔插头及插孔上的氧化层 4. 用酒精清洗万用表转换开关接触触头，并校正动触头与静触片的接触距离 5. 用镊子把调零电位器中间的动触片往下压些，使其与静触头电阻丝接触良好
万用表电阻挡量程不通或误差太大	1. 串联电阻断开或烧断或电阻值变化 2. 转换开关接触不良 3. 该挡分流电阻断路或短路 4. 电池电量不足	1. 更换为同样电阻值、功率的电阻 2. 用酒精擦洗并修理接触不良处 3. 更换该挡分流电阻 4. 更换为同型号的新电池

（续）

故障现象	产生原因	检修方法
万用表直流电压挡在测量时不指示电压	1. 测电压部分开关公用焊接线脱焊 2. 转换开关接触不良 3. 表笔插头与万用表插孔接触不良 4. 最小量程挡附加电阻断线	1. 重新焊接测电压部分脱焊的连接线 2. 用酒精擦净转换开关油污并调整转换开关接触压力 3. 修整表笔插头与插孔的接触处，使其接触良好 4. 焊接附加电阻连接线
万用表直流电压挡，某量程不通或某量程测量误差大	1. 转换开关接触不良，或该挡附加电阻脱焊、烧断 2. 某量程附加电阻阻值变化使其测量不准	1. 修整转换开关触片，并重新焊接或更换该量程的附加串联电阻 2. 更换某量程的附加串联电阻
万用表直流电流挡不指示电流	1. 转换开关接触不良 2. 表笔与万用表有接触不良处 3. 表头串联电阻损坏或脱焊 4. 表头线圈脱焊或动圈断路	1. 打开万用表调整修理转换开关 2. 修理表笔与万用表接触处，使其紧密配合 3. 更换表头串联电阻或焊接脱焊处 4. 焊接表头线圈，使其重新接通

（续）

故障现象	产生原因	检修方法
万用表直流电流挡各挡测量值偏高或偏低	1. 表头串联电阻阻值变大或变小 2. 分流电阻阻值变大或变小 3. 表头灵敏度降低	1. 更换电阻 2. 更换分流电阻 3. 根据具体情况处理。若游丝绞住要重新修好，表头线圈损坏要更换
万用表交流电压挡指针轻微摆动指示差别太大	1. 表笔插头与万用表插孔处接触不良 2. 转换开关触头接触不良 3. 桥式整流块或整流二极管短路、断路	1. 修理表笔插头与万用表插孔处，使其接触良好 2. 检修转换开关 3. 更换短路或断路的二极管或桥式整流块

3.2.5 钳形电流表

钳形电流表是一种可以在不断开电路的情况下测量电流的专用工具。钳形电流表主要由一只电流互感器和一只电磁系电流表组成，如图3-47所示。电流互感器的一次绕组为被测导线，二次绕组与电流表相连接，电流互感器的电流比可以通过旋钮来调节，量程从1A至几千安。测量时，按动扳手，打开钳口，将被测载流导线置于钳口中。当被测导线中有交变电流通过时，在电流互感器的铁心中便有交变磁通通过，互感器的二次绕组中感应出电流。该电流通过电流表的线圈，使指针发生偏转，在表盘标度尺上指出被测电流值。



a) 钳形电流表外形图　　b) 数字钳形电流表测量示意图

图 3-47　钳形电流表

1. 使用钳形电流表时的注意事项

1）测量前，应检查仪表指针是否在零位。若不在零位，则应调到零位。同时应对被测电流进行粗略估计，选择适当的量程。如果被测电流无法估计，则应先把钳形电流表置于最大电流挡，逐渐下调切换，至指针在刻度的中间段为止。

2）应注意钳形电流表的电压等级，不得将低压钳形电流表用于测量高压电路的电流，以免发生事故。

3）进行测量时，被测导线应置于钳口中央。钳口两个面应接合良好，若发现有振动或碰撞声，应将仪表扳手转动几下，或重新开合一次。钳口有污垢，可用汽油擦净。

4）测量大电流后，如果立即测量小电流，应开合钳口数次，以消除铁心中的剩磁。

5）在测量过程中不得切换量程，以免造成二次回路瞬间开路，感应出高电压而击穿绝缘。必须变换量程时，应先将钳口打开。

6）在读取电流读数困难的场所测量时，可先用制动器锁住指针，然后到读数方便的地点读值。

7）若被测导线为裸导线，则必须事先将邻近各相用绝缘板隔离，以免钳口张开时出现相间短路。

8）测量小于5A以下电流时，为获得准确的读数，可将导线多绕几圈放进钳口进行测量，但实际的电流数值为读数除以放进钳口内的导线根数。

9）测量时，如果附近有其他载流导线，所测值会受载流导体的影响产生误差。此时，应将钳口置于远离其他导体的一侧。

10）每次测量后，应把调节电流量程的切换开关置于最高挡位，以免下次使用时未选择量程进行测量而损坏仪表。

11）有电压测量挡的钳形表，电流和电压要分开测量，不得同时测量。

12）测量时，应戴绝缘手套，站在绝缘垫上。读数时要注意安全，切勿触及其他带电部分。

2. 钳形电流表的常见故障及检修方法（见表 3-6）

表 3-6　钳形电流表的常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
钳形电流表测量不准	1. 钳形电流表的挡位位置选择不正确 2. 钳形电流表指针未调零 3. 钳形电流表所卡测的电源未放入卡钳中央或卡口处有污垢 4. 钳形电流表有强磁场影响	1. 正确选择挡位位置。换挡时，要将被测导线置于钳形电流表卡口之外 2. 调整表头上的调零螺栓使指针指向零位 3. 测量时，将一根电源线放在钳口中央位置，然后松手使钳口密合好。如果钳口接触不好，应检查弹簧是否损坏或有污垢，如有污垢，用布清除后再测量 4. 尽量远离强磁场
钳形电流表不能测量较小的电流	1. 钳形电流表挡位设置少 2. 钳形电流表内部某只整流二极管损坏	1. 可将被测导线在钳形电流表口内绕几圈，然后去读数。电路中实际的电流值应为仪表读数除以导线在表口上绕的匝数 2. 测出某只损坏，应更换同型号的二极管

3.2.6　绝缘电阻表

绝缘电阻表俗称摇表、兆欧表，是一种专门用来测量电气设备及电路绝缘电阻的便携式仪表。它主要由手摇直流发电机、磁电系比率表和测量电路组成，其外形如

图 3-48所示。

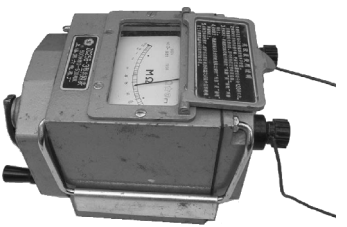


图 3-48　绝缘电阻表

值得一提的是绝缘电阻表测得的是在额定电压作用下的绝缘电阻值。万用表虽然也能测得数千欧的绝缘电阻值，但它所测得的绝缘电阻值，只能做为参考，因为万用表所使用的电池电压较低，绝缘物质在电压较低时不易击穿，而一般被测量的电气设备，均要接在较高的工作电压上，为此，只能采用绝缘电阻表来测量。一般还规定在测量额定电压在500V 以上的电气设备的绝缘电阻时，必须选用 1000 ~ 2500V 绝缘电阻表。测量 500V 以下电压的电气设备，则以选用 500V 绝缘电阻表为宜。

1. 指针式绝缘电阻表的使用方法及注意事项

1）测量前，应切断被测设备的电源，并进行充分放电（约需 2 ~ 3min），以确保人身和设备安全。

2）将绝缘电阻表放置平稳，并远离带电导体和磁场，以免影响测量的准确度。

3）正确选择其电压和测量范围。应根据被测电气设备的额定电压选用绝缘电阻表的电压等级：一般测量 50V 以下的用电器绝缘电阻，可选用 250V 绝缘电阻表；测量 50 ~ 380V 的用电设备绝缘电阻，可选用 500V 绝缘电阻

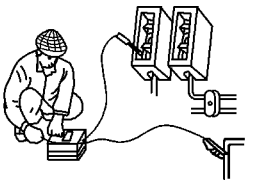
表。对于测量500V以下的电气设备绝缘电阻，绝缘电阻表应选用读数从零开始的，否则不易测量。

4）对有可能感应出高电压的设备，应采取必要的措施。

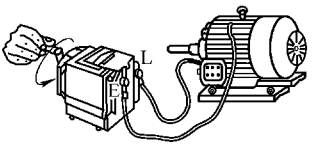
5）对绝缘电阻表进行一次开路和短路试验，以检查绝缘电阻表是否良好。试验时，先将绝缘电阻表“线路（L）”、“接地（E）”两端钮开路，摇动手柄，指针应指在“∞”位置；再将两端钮短接，缓慢摇动手柄，指针应指在“0”处。否则表明绝缘电阻表有故障，应进行检修。

6）绝缘电阻表接线柱与被测设备之间的连接导线，不可使用双股绝缘线、平行线或绞线，而应选用绝缘良好的单股铜线，并且两条测量导线要分开连接，以免因绞线绝缘不良而引起测量误差。

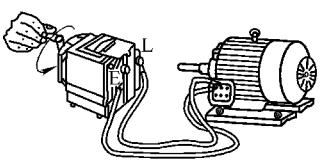
7）绝缘电阻表上有分别标有“接地（E）”、“线路（L）”和“保护环（G）”的三个端钮。测量电路对地的绝缘电阻时，将被测电路接于L端钮上，E端钮与E端钮相接，如图3-49a所示。测量电动机定子绕组与机壳间的绝缘电阻时，将定子绕组接在L端钮上，机壳与E端钮连接，如图3-49b所示。测量电动机或电器的相间绝缘电阻时，L端钮和E端钮分别与两部分接线端子相接，如图3-49c所示。测量电缆芯线对电缆绝缘保护层的绝缘电阻时，将L端钮与电缆芯线连接，E端钮与电缆绝缘保护层外表面连接，将电缆内层绝缘层表面接于G端钮上，如图3-49d所示。



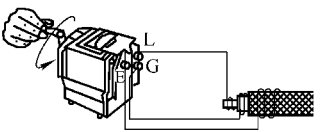
a) 测量电路对地绝缘电阻



b) 测量电动机绕组对地绝缘电阻



c) 测量电动机相间绝缘电阻



d) 测量电缆芯线绝缘电阻

图 3-49　绝缘电阻表测量绝缘电阻的接线

8）测量时，摇动手柄的速度由慢逐渐加快，并保持在 120r/min 左右的转速 1min 左右，这时读数才是准确的结果。如果被测设备短路，指针指零，应立即停止摇动手柄，以防表内线圈发热损坏。

9）测量电容器、较长的电缆等设备绝缘电阻后，应将“线路（L）”的连接线断开，以免被测设备向绝缘电阻表倒充电而损坏仪表。

10）测量完毕后，在手柄未完全停止转动和被测对象没有放电之前，切不可用手触及被测对象的测量部分和进行拆线，以免触电。被测设备放电的方法是：用导线将测点与地（或设备外壳）短接 2 ~ 3min。

11）同杆架设的双回路架空线和双母线，当一路带电时，不得测试另一路的绝缘电阻，以防感应高压电危害人身安全和损坏仪表。

12）禁止在有雷电时或在高压设备附近使用绝缘电阻表。

2. 数字绝缘电阻表

数字绝缘电阻表采用三位半液晶显示器（LCD）显示，测试电压由直流电压变换器将 9V 直流电压变成 250V/500V/1000V 直流，并采用数字电桥进行高阻测量。它具有量程宽、读数直观、携带使用方便、整机性能稳定等优点，适用于各种电气绝缘电阻的测量。图 3-50 所示为数字绝缘电阻表的外形和结构。

（1）数字绝缘电阻表的技术数据（见表 3-7）

（2）数字绝缘电阻表的使用方法

1）接通电源开关，显示器高位显示“1”。

2）根据测量需要选择相应的量程（0.01 ~ 20.00MΩ/0.1 ~ 200.0MΩ/0 ~ 2000MΩ），并按下。

3）根据测量需要选择相应的测试电压（250V/500V/1000V），并按下。

4）将被测对象的电极接入绝缘电阻表相应的插孔，测试电缆时，插孔 G 接保护环。

5）将输入线“L”接至被测对象线路端，要求“L”引线尽量悬空，“E1”或“E2”接至被测对象地端。

6）压下测试按键“PUSH”（此时高压指示 LED 点

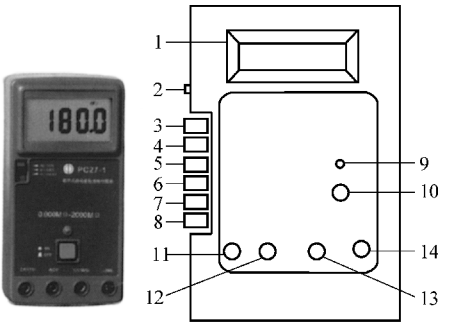


图 3-50　数字绝缘电阻表

1—LCD　2—电源开关（自锁式电源开关）
3、4、5—量程选择开关(0.01～20.00MΩ/0.1～200.0MΩ/0～2000MΩ)
6、7、8—电压选择开关（250V/500V/1000V）
9—高压指示（LED 显示）　10—自复式测度按键（PUSH）
11—G 屏蔽端，测电缆时按保护环电极
12—L 线路端，接被测对象线路端
13、14—E1/E2 接地端，接被测对象的地端

表 3-7　数字绝缘电阻表的技术数据

测试电压/V	250（1±10%）	500（1±10%）	1000（1±10%）
绝缘电阻测量量程/MΩ	0.01～20.00 0.1～200.0 0～2000		
准确度	±（4%读数+2个字）		
中值电阻/MΩ	2	2	5
短路电流/mA	1.7	1.7	1.4
插孔位置	LE1	LE1	LE2

亮）进行测试，当显示值稳定后即可读数，读数完毕后松开“PUSH”按键。

7）如显示器最高位仅显示“1”，表示超量程，需要换至高量程挡，当量程按键已处在 0 ~ 2000MΩ 挡时，则表示绝缘电阻已超过 2000MΩ。

（3）使用数字绝缘电阻表时的注意事项

1）测试前应检查被测对象是否完全脱离电网供电，并应短路放电，以证明被测对象不存在电力危险才进行操作，以保障测试操作安全。

2）测试时，不允许手持测试端，以保证读数准确和人身安全。

3）测试时如显示读数不稳，有可能是环境干扰或绝缘材料不稳定的影响，此时应将“G”端接到被测对象屏蔽端，可使读数稳定。

4）电池电量不足时，LCD 上有欠电压符号“LO-BAT”显示，请及时更换电池，长期存放时应取出电池，以免电池漏液损坏仪表。

5）由于仪表具有自动关机功能，如在测试过程中遇到仪表自动关机时，则需断开电源开关，重新接通开关，即可恢复测试。

6）空载时，如有数字显示，属正常现象，不会影响测试。

7）为保证测试安全和减少干扰，测试线采用硅橡胶绝缘，请勿随意更换。

8）仪表请勿置于高温、潮湿处存放，以延长使用寿命。

3. 绝缘电阻表的常见故障及检修方法（见表3-8）

表3-8　绝缘电阻表的常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
绝缘电阻表发电机发不出电压或电压很低，摇柄摇动很重	1. 发电机发不出电压可能是电路接头有断线处 2. 发电机绕组断线或其中一个绕组断线 3. 电刷接触不好或电刷磨损严重压力不够 4. 换向器环击穿短路或太脏 5. 发电机并联电容击穿 6. 转子绕组短路 7. 绝缘电阻表内部接线有短路处 8. 发电机换向器环有污物，造成短路	1. 找出断线处，重新焊接好 2. 焊接发电机绕组断线处或重新绕线圈 3. 清除污物后更换为新电刷，用细砂纸打磨电刷，使电刷在刷架内活动自如 4. 用酒精清洗换向器环，清除污物并吹干，重新装配 5. 更换同等耐压级别、同等电容量的电容 6. 重新绕制转子线圈 7. 检查各接头有无短路处或因振动使其焊接线脱开而短路到别的接点上，恢复原位，重新焊好 8. 拆下转子，用酒精刷净，吹干重新装配
绝缘电阻表指针不指零位	1. 游丝变形 2. 电流线圈或零点平衡线圈有短路或断路处 3. 电流回路电阻值变大或变小 4. 电压回路电阻值变大或变小	1. 配换同型号游丝 2. 重新绕制电流线圈或零点平衡线圈 3. 更换同规格的电流回路电阻 4. 更换同规格的电压回路电阻

（续）

故障现象	产生原因	检修方法
绝缘电阻表在两表笔开路时指针指不到“∞”位置或超过“∞”位置	1. 表头游丝变形，残余力矩比原来变大 2. 电压回路电阻值变大 3. 发电机发出电压不够 4. 电压线圈有短路或断路处 5. 指针超过“∞”时，电压回路电阻变小 6. 指针超过“∞”时，有无穷大平衡线圈短路或断路 7. 指针超过“∞”时，表头游丝变形，残余力矩比原来减小	1. 更换同型号游丝 2. 更换为新的电压回路电阻 3. 检查发电机发出电压不足的原因。若是电刷接触不好，要更换电刷；若是换向器环短路，要用酒精清洗并吹干；若是整流二极管损坏，则二极管要更换 4. 重新绕制电压线圈 5. 更换电压回路变小的电阻 6. 重新绕制无穷大平衡线圈 7. 用镊子修理游丝，如果变形严重，要更换表头游丝
绝缘电阻表指针不能转动，或转到某一位置时有卡住现象	1. 绝缘电阻表指针没有平衡于表壳玻璃罩及纸盘中间，造成指针与表壳或纸盘相摩擦 2. 支撑线圈的上、下轴尖松动，造成线圈与铁心极掌相碰	1. 用小镊子细心地把指针捏到平衡于表壳玻璃及纸盘的中间位置处 2. 重新调整上、下轴尖，紧固好宝石螺钉

（续）

故障现象	产生原因	检修方法
绝缘电阻表指针不能转动，或转到某一位置时有卡住现象	3. 线圈内部的铁心与极掌之间间隙处有铁屑杂物等 4. 绝缘电阻表可动线圈框架内部与铁心相摩擦 5. 由于游丝变形使指针摆动时与其他固定物相擦 6. 绝缘电阻表指示表盘里或线圈与铁心之间落进细小毛物	3. 拆开绝缘电阻表，用毛刷清除铁心与极掌之间的铁屑或其他杂物 4. 一般是由于紧固铁心螺钉松动引起的，所以要紧固固定铁心的螺钉 5. 用镊子整形游丝或更换为新游丝 6. 拆开绝缘电阻表，用小细毛刷清除绝缘电阻表表盘以及线圈与铁心之间的细小毛物

3.2.7 接地电阻测量仪

接地电阻测量仪俗称接地摇表，专门用来测量各种电气设备的接地电阻、防雷接地装置的接地电阻和重复接地的接地电阻。接地电阻测量仪的外形与绝缘电阻表很相似。图3-51所示为ZC-8型接地电阻测量仪的外形结构，它有四个接线端钮（C1、P1、C2、P2）。另外也有三个接线端钮（E、P、C）的接地电阻测量仪。

接地电阻测量仪的使用方法：

1）使用接地电阻测量仪测量接地电阻应在天气良好和土壤干燥时进行。

2）为了防止其他接地装置影响测量结果，测量时应将被测接地极与其他接地装置临时断开，待测量完后再将

断开处牢固连接。

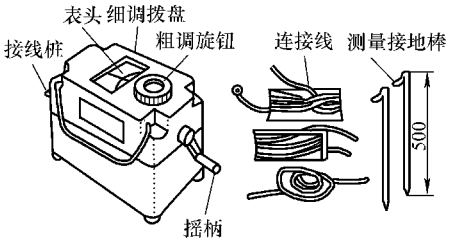


图 3-51　ZC-8 型接地电阻测量仪及其附件

3）对于三端钮的接地电阻测量仪，测量时 E、P、C 三个接线柱分别接于被测接地体 E′、辅助接地体（探测针）P′和 C′，如图 3-52a 所示。对于四端钮的接地电阻测量仪，其中 P2、C2 可短接后引出一个端钮与 E′相接，C1、P1 分别与 C′、P′相接，如图 3-52b 所示。

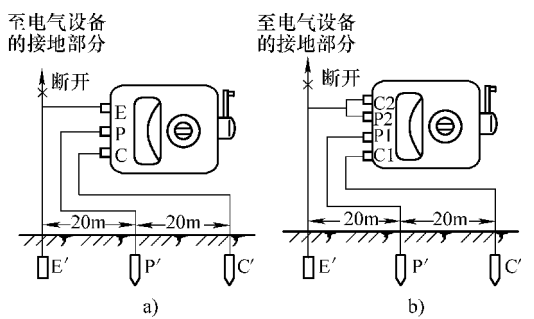


图 3-52　接地电阻测量仪的接线

4）使用专用导线将接地极 E′、电位探测针 P′和电流探测针 C′分别与仪表的 E、P、C 接线柱相连；E′、P′、C′成直线排列，彼此相距约 20m，P′和 C′插入地下 0.5 ~ 0.7m。如果地下过于干燥，可沿探针 P′和 C′注水，使其湿润。

5）将仪表放平，先检查指针是否处在中心线（红线）上。如果不在中心线上，可调整零位调整器，使其指在中心线上。

6）将“倍率标度”置于最大倍数，慢慢摇动仪表摇把，同时旋动“测量标度盘”，使指针接近中心线。

7）当指针接近中心线时，加快摇把的转速，当摇速大约为 120r/min 时，再细调“测量标度盘”，使指针准确指于中心线上，这时即可读取接地电阻的数值。

8）如“测量标度盘”的读数小于 1Ω 时，应将倍率开关置于倍数较小的挡，并重新测量和读数。

9）用测量标度盘的读数乘以倍率标度的倍数，即为所测的接地电阻值。

第4章 低压电器的应用与检修

4.1 开启式负荷开关

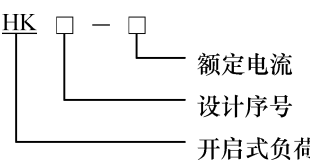
开启式负荷开关曾叫做胶盖瓷底刀开关，其结构简单、价格低廉、应用维修方便，常用作照明电路的电源开关，也可用于5.5kW以下电动机作不频繁起动和停止控制。开启式负荷开关的外形如图4-1所示。



图4-1 开启式负荷开关

4.1.1 开启式负荷开关的型号

应用较广泛的开启式负荷开关为HK系列，其型号的含义如下：



4.1.2 HK系列开启式负荷开关的基本技术参数（见表4-1）

表 4-1　HK 系列开启式负荷开关的基本技术参数

型号	额定电压/V	额定电流/A	极数	可控制电动机功率/kW	最大分断电流/A	配用熔丝规格			
						熔丝线径/mm	成分（质量分数）（%）		
							铅	锡	锑
HK1-15	220	15	2	1.1	500	1.45～1.59	98	1	1
HK1-30		30		1.5	1000	2.3～2.52			
HK1-60		60		3.0	1500	3.36～4			
HK1-15	380	15	3	2.2	500	1.45～1.59			
HK1-30		30		4.0	1000	2.3～2.52			
HK1-60		60		5.5	1500	3.36～4			
HK2-10	220	10	2	1.1	500	0.25	含铜量不少于 99.9%		
HK2-15		15		1.5	500	0.41			
HK2-30		30		3.0	1000	0.56			
HK2-60		60		4.5	1500	0.65			
HK2-15	380	15	3	2.2	500	0.45			
HK2-30		30		4.0	1000	0.71			
HK2-60		60		5.5	1500	1.12			

4.1.3　开启式负荷开关的选用

1）对于普通负载，选用的额定电压为220V或250V，额定电流不小于电路最大工作电流，对于电动机，选用的额定电压为380V或500V，额定电流为电动机额定电流的3倍。

2）在一般照明电路中，开启式负荷开关的额定电压大于或等于电路的额定电压，常选用250V、220V。而额定电流等于或稍大于电路的额定电流，常选用10A、15A、30A。

4.1.4　开启式负荷开关的安装及使用注意事项

1）开启式负荷开关必须垂直安装在控制屏或开关板上，不能倒装，即接通状态时手柄朝上，否则有可能在分断状态时动触刀松动落下，造成误接通。

2）安装接线时，开启式负荷开关上桩头接电源，下桩头接负载。接线时进线和出线不能接反，否则在更换熔丝时会发生触电事故。

3）操作开启式负荷开关时，不能带重负载，因为HK系列开启式负荷开关不设专门的灭弧装置，它仅利用胶盖的遮护防止电弧灼伤。

4）如果要带一般性负载操作，动作应迅速，使电弧较快熄灭，一方面不易灼伤人手，另一方面也减少电弧对动触头和静夹座的损坏。

4.1.5　开启式负荷开关的常见故障及检修方法（见表4-2）

表 4-2　开启式负荷开关的常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
熔丝熔断	1. 开关下桩头所带的负载短路 2. 开关下桩头负载过大 3. 开关熔丝未压紧	1. 把开关拉下，找出电路的短路点，修复后，更换同型号的熔丝 2. 在刀开关容量允许范围内更换额定电流大一级的熔丝 3. 更换新垫片后用螺钉把熔丝压紧
开关烧坏，螺钉孔内沥青熔化	1. 动触刀与静触刀座接触不良 2. 开关压线固定螺钉未压紧 3. 动触刀合闸时合得过浅 4. 开关容量与负载不配套，且过小 5. 负载端短路，引起开关短路或弧光短路	1. 在断开电源的情况下，用钳子修整开关静触刀座口片，使其与动触刀接触良好 2. 重新压紧固定螺钉 3. 改变操作方法，使每次合闸时用力把动触刀合到位 4. 在电路容量允许的情况下，更换为额定电流大一级的开关 5. 更换为同型号新开关，平时要注意，尽可能避免接触不良和短路事故的发生
开关漏电	1. 开关潮湿被雨淋浸湿 2. 开关在油污、导电粉尘环境工作过久	1. 如受雨淋严重，要拆下开关进行烘干处理再装上使用 2. 如环境条件极差，要采用防护箱，把开关保护起来后再使用
拉闸后刀片及开关下桩头仍带电	1. 进线与出线上下接反 2. 开关倒装或水平安装	1. 更正接线方式，必须是上桩头接入电源进线，而下桩头接负载端 2. 禁止倒装和水平装设开启式负荷开关

4.2　封闭式负荷开关

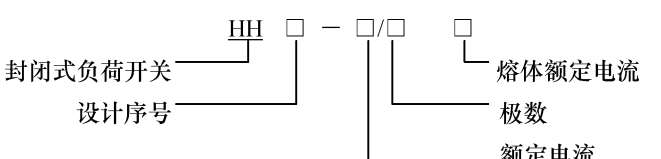
封闭式负荷开关曾叫做铁壳开关，具有通断性能好、操作方便、使用安全等优点。封闭式负荷开关主要用于各种配电设备中手动不频繁接通和分断负载的电路。交流380V、60A及以下等级的封闭式负荷开关还可用作15kW及以下三相交流电动机的不频繁接通和分断控制。封闭式负荷开关的外形结构如图4-2所示。



图4-2　封闭式负荷开关

4.2.1　封闭式负荷开关的型号

常用封闭式负荷开关为HH系列，其型号的含义如下：



4.2.2　封闭式负荷开关的技术参数

常用 HH3、HH4 系列封闭式负荷开关的主要技术参数见表 4-3。

表 4-3　HH3、HH4 系列封闭式负荷开关的主要技术参数

型号	额定电流/A	额定电压/V	极数	熔体主要参数		
				额定电流/A	线径/mm	材料
HH3	15	440	2，3	6 10 15	0.26 0.35 0.46	纯铜丝
	30			20 25 30	0.65 0.71 0.81	
	60			40 50 60	1.02 1.22 1.32	
HH4	15	380	2，3	6 10 15	1.08 1.25 1.98	软铅丝
	30			20 25 30	0.61 0.71 0.80	纯铜丝
	60			40 50 60	0.92 1.07 1.20	

4.2.3　封闭式负荷开关的选用

1）封闭式负荷开关用来控制异步电动机时，应使开关的额定电流为电动机满载电流的3倍以上。

2）选择熔体时要使熔体的额定电流为电动机额定电流的1.5～2.5倍。更换熔体时，管内石英砂应重新调整再使用。

4.2.4　封闭式负荷开关的安装及使用注意事项

1）为了保障安全，开关外壳必须连接良好的接地线。

2）接开关时，要把接线压紧，以防烧坏开关内部的绝缘。

3）为了安全，在封闭式负荷开关钢质外壳上装有机械联锁装置，当壳盖打开时，不能合闸；合闸后，壳盖不能打开。

4）安装时，先预埋固定件，将木质配电板用紧固件固定在墙壁或柱子上，再将封闭式负荷开关固定在木质配电板上。

5）封闭式负荷开关应垂直于地面安装，其安装高度以手动操作方便为宜，通常为1.3～1.5m。

6）封闭式负荷开关的电源进线和开关的输出线都必须经过铁壳的进出线孔。安装接线时应在进出线孔处加装橡皮垫圈，以防尘土落入铁壳内。

7）操作时，必须注意不得面对封闭式负荷开关拉闸或合闸，一般用左手操作合闸。若更换熔体，必须在拉闸

后进行。

4.2.5　封闭式负荷开关的常见故障及检修方法（见表4-4）

表4-4　封闭式负荷开关的常见故障及检修方法

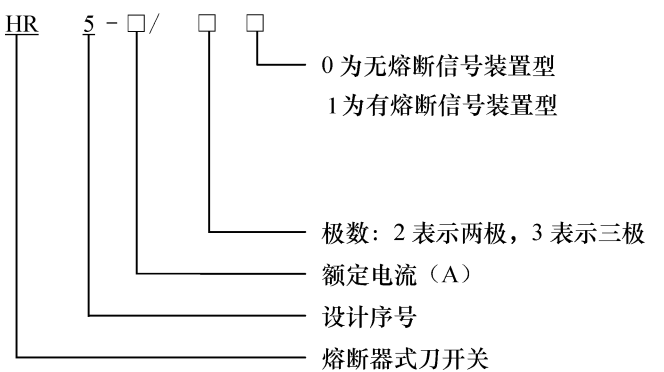
故障现象	产生原因	检修方法
合闸后一相或两相没电	1. 触刀座弹性消失或开口过大 2. 熔体熔断或接触不良 3. 触刀座、动触刀氧化或有污垢 4. 电源进线或出线头氧化	1. 更换触刀座 2. 更换熔体 3. 清洁触刀座或动触刀 4. 检查进出线头
动触刀或触刀座过热或烧坏	1. 开关容量太小 2. 分、合闸时动作太慢造成电弧过大，烧坏触刀 3. 触刀座表面烧毛 4. 动触刀与触刀座压力不足 5. 负载过大	1. 更换为较大容量的开关 2. 改进操作方法，分、合闸时动作要迅速 3. 用细锉刀修整 4. 调整触刀座压力，使其适当 5. 减轻负载或调换较大容量开关
操作手柄带电	1. 外壳接地线接触不良 2. 电源线绝缘损坏	1. 检查接地线，并重新接好 2. 更换为合格的导线

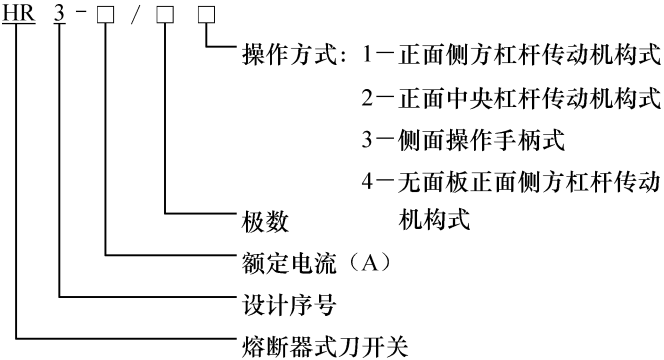
4.3　熔断器式刀开关

熔断器式刀开关又叫做熔断器式隔离开关，是以熔断器触刀作为刀开关动触刀的一种隔离开关。常用的型号有HR3、HR5、HR6 系列，额定电压为交流 380V（50Hz），直流 440V，额定电流可达 600A。熔断器式刀开关用于具有高短路电流的配电电路和电动机电路中，作为电源开关、隔离开关、应急开关，并作为电路保护用，但一般不作为直接开关单台电动机之用。熔断器式刀开关是用来代替各种低压配电装置刀开关和熔断器的组合电器。

4.3.1　熔断器式刀开关的型号

熔断器式刀开关的型号及其含义如下：





4.3.2　熔断器式刀开关的主要技术参数（见表 4-5、表 4-6）

表 4-5　HR3 系列熔断器式刀开关的主要技术参数

型号	刀开关与熔体额定电流/A	熔体额定电流/A	刀开关分断能力/A		熔断器分断能力/kA	
			AC 380V $\cos\varphi \geqslant 0.6$	DC 440V $T \leqslant 0.0045$s	AC 380V $\cos\varphi \leqslant 0.3$	DC 440V $T = 0.015 \sim 0.02$s
HR3-100	100	30，40，50，60，80，100	100	100	50	25
HR3-200	200	80，100，120，150，200	200	200		
HR3-400	400	150，200，250，300，350，400	400	400		

（续）

型号	刀开关与熔体额定电流/A	熔体额定电流/A	刀开关分断能力/A		熔断器分断能力/kA	
			AC 380V $\cos\varphi \geqslant 0.6$	DC 440V $T \leqslant 0.0045$s	AC 380V $\cos\varphi \leqslant 0.3$	DC 440V $T=0.015 \sim 0.02$s
HR3-600	600	350，400，450，500，550，600	600	600	50	25
HR3-1000	1000	700，800，900，1000	1000	1000	25	

表 4-6　HR5 系列熔断器式刀开关的主要技术参数

型号	额定电压/V	额定电流/A	额定熔断短路电流/kA
HR5-100	AC 380	100	50
HR5-200		200	
HR5-400		400	
HR5-630		630	

4.3.3　熔断器式刀开关的安装及使用注意事项

1）熔断器式刀开关必须垂直安装。

2）根据用电设备的容量正确选择熔断器的等级（熔体的额定电流）。

3）接入的母线必须根据熔体的额定电流来选择，在母线与插座的连接处必须清除氧化膜，然后立即涂上少量工业凡士林，防止氧化。

4）当多回路的配电设备中有故障时，可以打开熔断器式刀开关的门，检查熔断指示器，从而及时找出有故障的回路，更换熔断器后迅速恢复供电。

5）熔断器式刀开关的门在打开位置时，不得进行接通和分断电流操作。

6）在正常运行时，必须经常地检查熔断器的熔断指示器，防止电路因一相熔断而造成电动机断相运转。

7）熔断器式刀开关必须作定期检修，消除可能发生的事故隐患。

8）熔断器式刀开关的槽形导轨必须保持清洁，防止积污后操作不灵。

4.4　组合开关

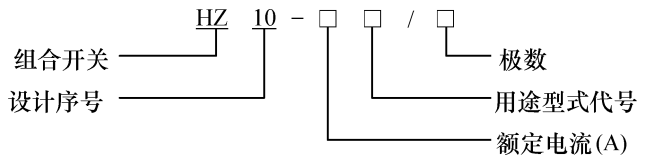
组合开关又叫转换开关，也是一种刀开关。不过它的刀片（动触片）是转动式的，比刀开关轻巧而且组合性强，具有体积小、寿命长、使用可靠、结构简单等优点。组合开关可作为电源引入开关或作为 5.5kW 以下电动机的直接起动、停止、正反转和变速等的控制开关。采用组合开关控制电动机正反转时，必须使电动机完全停止转动后，才能接通电动机反转的电路。每小时的转接次数不宜超过 20 次。组合开关的外形结构如图 4-3 所示。



图 4-3　组合开关

4.4.1　组合开关的型号

常用的组合开关为 HZ 系列，其型号含义如下：



4.4.2　HZ10 系列组合开关的主要技术参数（见表 4-7）

表 4-7　HZ10 系列组合开关的技术参数

型号	额定电压/V	额定电流/A	极数	极限操作电流/A		可控制电动机最大功率和额定电流		额定电压、电流下通断次数	
								交流 cosφ	
				接通	分断	容量/kW	额定电流/A	≥0.8	≥0.3
HZ10-10	直流 220 交流 380	6	单极	94	62	3	7	20000	10000
		10							
HZ10-25		25	2，3	155	108	5.5	12		
HZ10-60		60							
HZ10-100		100						10000	50000

4.4.3　组合开关的选用

1）组合开关应根据用电设备的电压等级、容量和所需触头数进行选用。

2）用于照明或电热负载时，组合开关的额定电流等于或大于被控制电路中各负载额定电流之和。

3）用于电动机负载时，组合开关的额定电流一般为电动机额定电流的 1.5 ~ 2.5 倍。

4.4.4　组合开关的安装及使用注意事项

1）组合开关应固定安装在绝缘板上，周围要留一定的空间，以便于接线。

2）操作时频度不要过高，一般每小时的转换次数不宜超过 15 ~ 20 次。

3）用于控制电动机正反转时，必须使电动机完全停止转动后，才能接通电动机的反转电路。

4）由于组合开关本身不带过载保护和短路保护，使用时必须另设其他保护电器。

5）当负载的功率因数较低时，应降低组合开关的容量使用，否则会影响开关的寿命。

4.4.5　组合开关的常见故障及检修方法（见表 4-8）

表 4-8　组合开关的常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
手柄转动后，内部触头未动作	1. 手柄的转动连接部件磨损 2. 操作机构损坏 3. 绝缘杆变形 4. 轴与绝缘杆装配不紧	1. 调换为新的手柄 2. 打开开关，修理操作机构 3. 更换绝缘杆 4. 紧固轴与绝缘杆

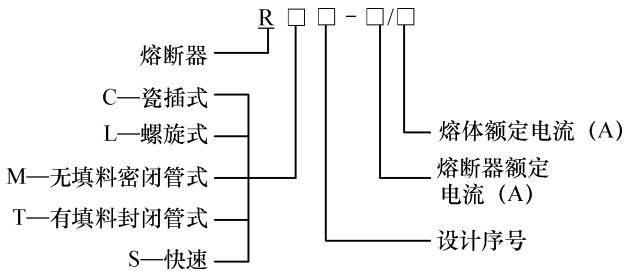
（续）

故障现象	产生原因	检修方法
手柄转动后，三副触头不能同时接通或断开	1. 开关型号不对 2. 修理开关时触头装配得不正确 3. 触头失去弹性或有尘污	1. 更换符合操作要求的开关 2. 打开开关，重新装配触头 3. 更换触头或清除污垢
开关接线桩相间短路	因铁屑或油污附在接线桩间形成导电将胶木烧焦或绝缘破坏形成短路	清扫开关或调换开关

4.5　低压熔断器

熔断器是一种广泛应用的最简单有效的保护电器之一。其主体是低熔点金属丝或金属薄片制成的熔体，串联在被保护的电路中。在正常情况下，熔体相当于一根导线，当发生短路或过载时，电流很大，熔体因过热熔化而切断电路。熔断器具有结构简单、价格低廉、使用和维护方便等优点。常用的低压熔断器有瓷插式、螺旋式、无填料密闭管式、有填料封闭管式等几种。

常用熔断器型号的含义如下：



4.5.1　几种常用的熔断器

1. 瓷插式熔断器

瓷插式熔断器结构简单、价格低廉、更换熔丝方便，广泛用作照明和小功率电动机的短路保护。常用的 RC1A 系列瓷插式熔断器的外形结构如图 4-4 所示。



图 4-4　RC1A 系列瓷插式熔断器

RC1A 系列瓷插式熔断器的主要技术参数见表 4-9。

表 4-9　RC1A 系列瓷插式熔断器的主要技术参数

熔断器额定电流/A	熔体额定电流/A	熔体材料	熔体直径/mm	极限分断能力/A	交流电路功率因数（cosφ）
5	2 5	软铅丝	0.52 0.71	250	0.8
10	2 4		0.52 0.82	500	

（续）

熔断器额定电流/A	熔体额定电流/A	熔体材料	熔体直径/mm	极限分断能力/A	交流电路功率因数（cosφ）
10	6 10	软铅丝	1.08 1.25	500	0.8
15	15		1.98		
30	20 25 30	铜丝	0.61 0.71 0.81	1500	0.7
60	40 50 60		0.92 1.07 1.20	3000	0.6
100	80 100		1.55 1.80		

2. 螺旋式熔断器

螺旋式熔断器主要由瓷帽、熔断管（熔芯）、瓷套、上、下接线桩及底座等组成。常用的 RL1 系列螺旋式熔断器的外形结构如图 4-5 所示。它具有熔断快、分断能力强、体积小、更换熔丝方便、安全可靠和熔丝熔断后有显示等优点，适用于额定电压 380V 及以下、电流在 200A 以内的交流电路或电动机控制电路中，作为过载或短路保护。



图 4-5　RL1 系列螺旋式熔断器

螺旋式熔断器的熔断管内除装有熔丝外，还填满起灭弧作用的石英砂。熔断管的上盖中心装有红色熔断指示器，一旦熔丝熔断，指示器即从熔断管上盖中跳出，显示熔丝已熔断，并可从瓷盖上的玻璃窗口直接发现，以便拆换熔断管。

使用螺旋式熔断器时，用电设备的连接线应接到金属螺旋壳的上接线端，电源线应接到底座的下接线端，使旋出瓷帽更换熔丝时金属壳上不会带电，以确保用电安全。

3. 无填料封闭管式熔断器

常用的无填料封闭管式熔断器为 RM 系列，主要由熔断管、熔体和静插座等部分组成，具有分断能力强、保护性好、更换熔体方便等优点，但造价较高。无填料封闭管式熔断器适用于额定电压为交流 380V 或直流 440V 的各电压等级的电力线路及成套配电设备中，作为短路保护或防止连续过载之用。

为保证这类熔断器的保护功能，当熔管中的熔体熔断三次后，应更换新的熔管。

RM 系列无填料封闭管式熔断器有 RM1、RM3、RM7、RM10 等系列产品，RM10 系列的外形和结构如图 4-6 所示。



图 4-6　RM10 系列无填料封闭管式熔断器

RM10 系列无填料封闭管式熔断器的主要技术参数见表 4-10。

表 4-10　RM10 系列无填料封闭管式熔断器的主要技术参数

型号	额定电流/A	熔体额定电流/A	极限分断能力/kA
RM10-15	15	6，10，15	1，2
RM10-60	60	15，20，25，35，45，60	3，5
RM10-100	100	60，80，100	10
RM10-200	200	100，125，160，200	10
RM10-350	350	200，225，260，300，350	10
RM10-600	600	350，430，500，600	10
RM10-1000	1000	600，700，850，1000	12

4. 有填料封闭管式熔断器

使用较多的有填料封闭管式熔断器为 RT 系列。它主要由熔管、触刀、夹座、底座等部分组成，如图 4-7 所示。它具有极限断流能力大（可达 50kA）、使用安全、保护特性好、带有明显的熔断指示器等优点，缺点是熔体熔断后不能单独更换，造价较高。有填料封闭管式熔断器适用于交流电压 380V、额定电流 1000A 以内的高短路电流的电力网络和配电装置中，作为电路、电机、变压器及电气设备的过载与短路保护。



图 4-7　RT0 系列有填料封闭管式熔断器

RT 系列有填料封闭管式熔断器常用的有 RT0 系列、螺栓连接熔断器的 RT12、RT15 系列和圆筒形帽熔断器的

RT14、RT19 系列等。

RT0 系列熔断器的主要技术参数见表 4-11。

表 4-11　RT0 系列熔断器的主要技术参数

型号	熔断体			底座
	额定电流/A	额定电压/V	分断能力/kA	额定电流/A
RT0-50	5，10，15，20，30，40，50	380		50
RT0-100	30，40，50，60，80，100		50	100
RT0-200	80，100，120，150，200			200
RT0-400	150，200，250，300，350，400			400
RT0-600	350，400，450，500，550，600			600
RT0-1000	700，800，900，1000			1000

RT14、RT15 系列熔断器的主要技术参数见表 4-12。

表 4-12　RT14、RT15 系列熔断器的主要技术参数

型号	额定电压/V	支持件额定电流/A	熔体额定电流/A	额定分断能力/kA
RT14	380	20	2，4，6，10，16，20	100
		32	2，4，6，10，20，25，32	

（续）

型号	额定电压/V	支持件额定电流/A	熔体额定电流/A	额定分断能力/kA
RT14	380	63	10，16，25，32，40，50，60	100
RT15	415	100	40，50，63，100	80
		200	125，160，200	
		315	250，315	
		400	350，400	

5. NT 系列低压高分断能力熔断器

NT 系列低压高分断能力熔断器具有分断能力强（可达 100kA）、体积小、重量轻、功耗小等优点，适用于额定电压可达 660V、额定电流可达 1000A 的电路中，作为工业电气设备过载和短路保护使用。NT2 系列熔断器的外形如图 4-8 所示。

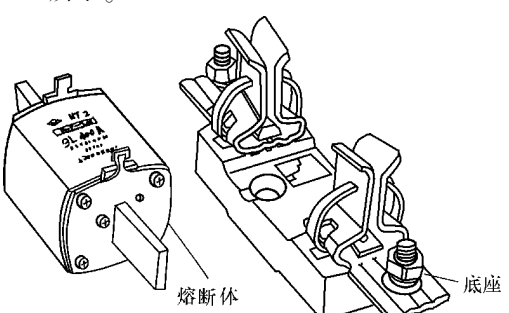


图 4-8　NT2 系列熔断器

NT 系列熔断器的主要技术参数见表 4-13。

表 4-13　NT 系列熔断器的主要技术参数

型号	额定电压/V	底座额定电流/A	熔体额定电流等级/A	额定分断能力/kA	cosφ	底座型号
NT-00	500	160	4，6，10，16，20，25，32，36，40，50，63，80，100，125，160	120	0.1～0.2	sist101
	660			50		
NT-0	500		6，10，16，20，25，32，36，40，50，63，80，100	120		sist 160
	660			50		
	500		125，160	120		
NT-1	500	250	80，100，125，160，200	120		sist 201
	660			50		
	500		224，250	120		
NT-2	500	400	125，160，200，224，250，300，315	120		sist 401
	660			50		
	500		355，400	120		
NT-3	500	630	315，355，400，425	120		sist 601
	660			50		
	500		500，630	120		

4.5.2　熔断器的选用

1）熔断器的类型应根据使用场合及安装条件进行选择。电网配电一般用管式熔断器；电动机保护一般用螺旋

式熔断器；照明电路一般用瓷插式熔断器；保护晶闸管则应选择快速熔断器。

2）熔断器的额定电压必须大于或等于电路的电压。

3）熔断器的额定电流必须大于或等于所装熔体的额定电流。

4）合理选择熔体的额定电流。①对于变压器、电炉和照明等负载，熔体的额定电流应略大于电路负载的额定电流。②对于一台电动机负载的短路保护，熔体的额定电流应大于或等于 1.5 ~ 2.5 倍电动机的额定电流。③对几台电动机同时保护，熔体的额定电流应大于或等于其中最大容量的一台电动机额定电流的 1.5 ~ 2.5 倍加上其余电动机额定电流的总和。④对于减压起动的电动机，熔体的额定电流应等于或略大于电动机的额定电流。

4.5.3　熔断器的安装及使用注意事项

1）安装前检查熔断器的型号、额定电流、额定电压、额定分断能力等参数是否符合规定要求。

2）安装熔断器除保证足够的电气距离外，还应保证足够的间距，以便于拆卸、更换熔体。

3）安装时应保证熔体和触刀，以及触刀和触刀座之间接触紧密可靠，以免由于接触处发热，而使熔体温度升高，发生误熔断。

4）安装熔体时必须保证接触良好，不允许有机械损伤，否则准确性将大大降低。

5）熔断器应安装在各相线上，三相四线制电源的中

性线上不得安装熔断器，而单相两线制的零线上应安装熔断器。

6）瓷插式熔断器安装熔丝时，熔丝应顺着螺钉旋紧方向绕过去，同时应注意不要划伤熔丝，也不要把熔丝绷紧，以免减小熔丝截面尺寸或绷断熔丝。

7）安装螺旋式熔断器时，必须注意将电源线接到瓷底座的下接线端（即低进高出的原则），以保证安全。

8）更换熔体，必须先断开电源，一般不应带负载更换熔体，以免发生危险。

9）在运行中应经常注意熔断器的指示器，以便及时发现熔体熔断，防止断相运行。

10）更换熔体时，必须注意新熔体的规格尺寸、形状应与原熔体相同，不能随意更换。

4.5.4　熔断器的常见故障及检修方法（见表 4-14）

表 4-14　熔断器的常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
熔体换上后瞬间全部熔断	1. 电源负载电路短路或电路接线错误	1. 接线错误应予更正，查出短路点，修复后再供电
	2. 更换的熔体过小，或负载太大而难以承受	2. 根据电路和负载情况重新计算熔体的容量
	3. 电动机负载过重，起动时熔体熔断，使电动机卡死	3. 若查出电动机卡死，应检修机械部分使其恢复正常

（续）

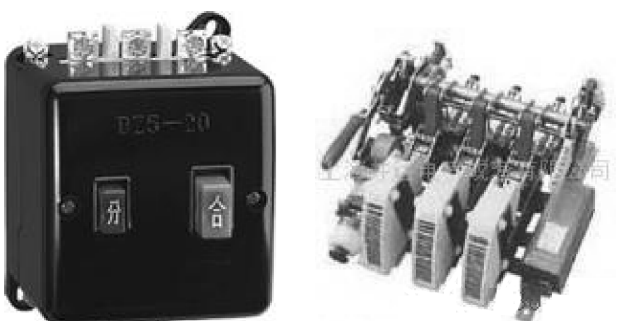
故障现象	产生原因	检修方法
熔体更换后在压紧螺钉附近慢慢熔断	1. 接线桩头或压熔体螺钉锈死，压不紧熔体或导线 2. 导线过细或负载过重 3. 铜铝接连时间过长，引起接触不良 4. 瓷插式熔断器插头与插座间接触不良 5. 熔体规格过小，负载过重	1. 更换同型号的螺钉及垫片，并重新压紧熔体 2. 根据负载大小重新计算所用导线截面积，更换为新导线 3. 去掉铜、铝接头处氧化层，重新压紧接触头 4. 把瓷插头的触头爪向内扳一点，使其能在插入插座后接触紧密，并且用砂布打磨瓷插式熔断器金属的所有接触面 5. 根据负载情况可更换大一号的熔体
瓷插式熔断器破损	1. 瓷插式熔断器人为损坏 2. 瓷插式熔断器因电流过大引起发热自身烧坏	1. 更换瓷插式熔断器 2. 更换瓷插式熔断器
螺旋式熔断器更换后不通电	1. 螺旋式熔断器未旋紧，引起接触不良 2. 螺旋式熔断器外壳底面接触不良，里面有尘屑或金属皮因熔断器熔断时熔坏脱落	1. 重新旋紧新换上的熔断器 2. 更换同型号的熔断器外壳后装入适当熔断器芯重新旋紧

4.6　低压断路器

低压断路器曾称自动空气开关，主要用于低压动力电路中，当电路发生过载、短路、失电压等故障时，它的电磁脱扣器自动脱扣进行短路保护，直接将三相电源同时切断，保护电路和用电设备的安全。在正常情况下，也可用作不频繁地接通和断开电路或控制电动机。

低压断路器具有多种保护功能，动作后不需要更换元件，其动作电流可按需要方便地调整，工作可靠、安装方便、分断能力较强，因而在电路中得到广泛的应用。

低压断路器按结构型式可分为塑料外壳式（又称模压外壳式）和万能式（又称框架式）两大类，常用的DZ5-20型塑料外壳式和DW10型万能式低压断路器的外形结构如图4-9所示。万能式断路器为敞开式结构，适用



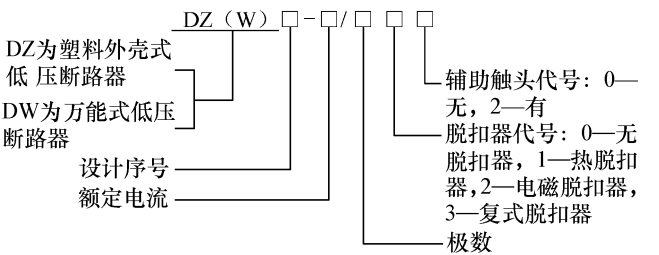
a) DZ5-20型塑壳式低压断路器　　b) DW10型框架式低压断路器

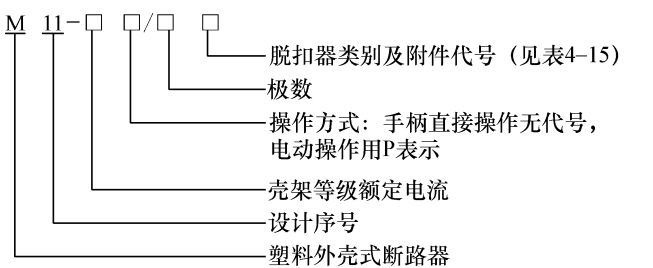
图4-9　低压断路器

于大容量配电装置；塑料外壳式断路器的特点是外壳用绝缘材料制作，具有良好的安全性，广泛用于电气控制设备及建筑物内作电源电路保护，以及对电动机进行过载和短路保护。

4.6.1　低压断路器的型号

低压断路器的型号含义如下：





4.6.2　低压断路器的主要技术参数

DZ5-20 系列断路器的主要技术参数见表 4-16。

表 4-15　脱扣器的类别及附件代号

	不带附件	分励脱扣器	辅助触头	欠电压脱扣器	分励脱扣器辅助触头	分励脱扣器欠电压脱扣器	两组辅助触头	辅助触头失电压脱扣器
无脱扣器	00		02				06	
热脱扣器	10	11	12	13	14	15	16	17
电磁脱扣器	20	21	22	23	24	25	26	27
复式脱扣器	30	31	32	33	34	35	36	37

表 4-16　DZ5-20 系列断路器的主要技术参数

型号	额定电压/V	额定电流/A	极数	脱扣器类别	热脱扣器额定电流（括号内为整定电流调节范围）/A	电磁脱扣器瞬时动作整定值/A
DZ5-20/200	交流380 直流220	20	2	无脱扣器	—	—
DZ5-20/300			3			
DZ5-20/210			2	热脱扣器	0.15（0.10～0.15） 0.20（0.15～0.20） 0.30（0.20～0.30） 0.45（0.30～0.45） 0.65（0.45～0.65） 1（0.65～1） 1.5（1～1.5） 2（1.5～2） 3（2～3） 4.5（3～4.5） 6.5（4.5～6.5） 10（6.5～10） 15（10～15） 20（15～20）	为热脱扣器额定电流的8～12倍（出厂时整定于10倍）
DZ5-20/310			3			
DZ5-20/220			2	电磁脱扣器		
DZ5-20/320			3			
DZ5-20/230			2	复式脱扣器		
DZ5-20/330			3			

DZ20 系列断路器按其极限分断故障电流的能力分为一般型（Y 型）、较高型（J 型）、最高型（G 型）。J 型是利用短路电流的巨大电动斥力将触头斥开，紧接着脱扣器动作，故分断时间在 14ms 以内，G 型可在 8 ~ 10ms 以内分断短路电流。DZ20 系列断路器的主要技术参数见表 4-17。

表 4-17　DZ20 系列断路器的主要技术参数

型号	额定电压/V	壳架额定电流/A	断路器额定电流 I_N/A	瞬时脱扣器整定电流倍数
DZ20Y-100	交流 380 直流 220	100	16，20，25，32，40，50，63，80，100	配电用：$10I_N$ 保护电机用：$12I_N$
DZ20J-100				
DZ20G-100				
DZ20Y-225		225	100，125，160，180，200，225	配电用：$5I_N$，$10I_N$ 保护电机用：$12I_N$
DZ20J-225				
DZ20G-225				
DZ20Y-400		400	250，315，350，400	配电用：$10I_N$ 保护电机用：$12I_N$
DZ20J-400				
DZ20G-400				
DZ20Y-630		630	400，500，630	配电用：$5I_N$，$10I_N$
DZ20J-630				

DW16 系列断路器的主要技术参数见表 4-18。

表 4-18　DW16 系列断路器的主要技术参数

型号		DW16-315	DW16-400	DW16-630
额定电流/A		315	400	630
额定电压/V		380		
额定频率/Hz		50		
额定短路分断能力	在 O-CO-CO 试验程序下短路分断能力/kA	25	25	25
	极限短路分断能力/kA	30	30	30
	飞弧距离/mm	<250	<250	<250
瞬时过电流脱扣器电流整定值/A		945 ~ 1890	1200 ~ 2400	1890 ~ 3790
额定接地动作电流/A		158	200	315
额定接地不动作电流/A		79	100	158

M11 系列塑料外壳式断路器主要适用于不频繁操作的交流频率为 50Hz、电压为 380V、直流电压为 220V 及以下的电路中作接通和分断电路之用，它的主要技术参数见表 4-19。

表 4-19　M11 系列塑料外壳式断路器的基本参数

型号	壳架等级额定电流/A	额定绝缘电压/V	额定工作电压/V	额定频率/Hz	极限短路分断试验程序	额定电流/A
M11-100	100	380	交流 380 直流 220	50	3min	15、20
						25、30、40、50

（续）

型号	壳架等级额定电流/A	额定绝缘电压/V	额定工作电压/V	额定频率/Hz	极限短路分断试验程序	额定电流/A
M11-100	100	380	交流 380 直流 220	50	3min O-CO	60、80、100
M11-250	250					100、120、140、170、200、(225)、250
M11-600	600					200、250、300、350、400、500、600

注：O 表示分断操作；CO 表示接通操作后紧接着分断。

4.6.3　低压断路器的选用

1）根据电气装置的要求选定断路器的类型、极数以及脱扣器的类型、附件的种类和规格。

2）断路器的额定工作电压应大于或等于电路或设备的额定工作电压。对于配电电路来说，应注意区别是电源端保护还是负载保护，电源端电压比负载端电压高出约 5%。

3）热脱扣器的额定电流应等于或稍大于电路工作电流。

4）根据实际需要，确定电磁脱扣器的额定电流和瞬时动作整定电流。

① 电磁脱扣器的额定电流只要等于或稍大于电路工作电流即可。

② 电磁脱扣器的瞬时动作整定电流为：作为单台电

动机的短路保护时，电磁脱扣器的整定电流为电动机起动电流的1.35倍（DW系列断路器）或1.7倍（DZ系列断路器）；作为多台电动机的短路保护时，电磁脱扣器的整定电流为1.3倍最大一台电动机的起动电流再加上其余电动机的工作电流。

4.6.4 低压断路器的安装、使用和维护

1）安装前核实装箱单上所列的内容，核对铭牌上的参数与实际需要是否相符，再用螺钉（或螺栓）将断路器垂直固定在安装板上。

2）板前接线的断路器允许安装在金属支架或金属底板上，把铜导线剥去适量长度的绝缘外层，插入线箍的孔内，将线箍的外包层压紧，包牢导线，然后将线箍的连接孔与断路器接线端用螺钉紧固；对于铜排，先把接线板在断路器上固定，再与铜排固定。

3）板后接线的断路器必须安装在绝缘底板上。固定断路器的支架或底板必须平坦。

4）为防止相间电弧短路，进线端应安装隔弧板，隔弧板安装时应紧贴在外壳上，不可留有缝隙，或在进线端包扎200mm黄腊带。

5）断路器的上接线端为进线端，下接线端为出线端，“N”极为中性板，不允许倒装。

6）断路器在工作前，对照安装要求进行检查，其固定连接部分应可靠；反复操作断路器几次，其操作机构应灵活、可靠。用500V绝缘电阻表检查断路器的极与极、

极与安装面板（金属板）的绝缘电阻应不小于1MΩ，如低于1MΩ，该产品不能使用。

7）当低压断路器用作总开关或电动机的控制开关时，在断路器的电源进线侧必须加装隔离开关、刀开关或熔断器，作为明显的断开点。凡设有接地螺钉的产品，均应可靠接地。

8）断路器各种特性与附件由制造厂整定，使用中不可任意调节。

9）断路器在过载或短路保护后，应先排除故障，再进行合闸操作。

10）断路器的手柄在自由脱扣或分闸位置时，断路器应处于断开状态，不能对负载起保护作用。

11）断路器承载的电流过大，手柄已处于脱扣位置而断路器的触头并没有完全断开，此时负载端处于非正常运行，需人为切断电流，更换断路器。

12）断路器在使用或贮存、运输过程中，不得受雨水侵袭和跌落。

13）断路器断开短路电流后，应打开断路器检查触头、操作机构。如触头完好，操作机构灵活，试验按钮操作可靠，则允许继续使用。若发现有弧烟痕迹，可用干布抹净；若弧触头已烧毛，可用细锉小心修整，但烧毛严重，则应更换断路器以避免事故发生。

14）对于用电动机操作的断路器，如要拆卸电动机，一定要在原处先做标记，然后再拆卸，再将电动机装上

时，不会因错位而影响其性能。

15）长期使用后，可清除触头表面的毛刺和金属颗粒，保持良好接触。

16）断路器应做周期性检查和维护，检查时应切断电源。周期性检查项目：①在传动部位加润滑油。②清除外壳表层尘埃，保持良好绝缘。③清除灭弧室内壁和栅片上的金属颗粒和黑烟灰，保持良好灭弧效果。如灭弧室损坏，则断路器不能继续使用。

4.6.5　低压断路器的常见故障及检修方法（见表 4-20）

表 4-20　低压断路器的常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
电动操作的断路器触头不能闭合	1. 电源电压与断路器所需电压不一致	1. 应重新通入一致的电压
	2. 电动机操作定位开关不灵，操作机构损坏	2. 重新校正定位机构，更换损坏的操作机构
	3. 电磁铁拉杆行程不到位	3. 更换拉杆
	4. 控制设备电路断路或元器件损坏	4. 重新接线，更换损坏的元器件
手动操作的断路器触头不能闭合	1. 断路器机械机构复位不好	1. 调整机械机构
	2. 失电压脱扣器无电压或线圈烧毁	2. 无电压时应通入电压，线圈烧毁应更换同型号线圈

（续）

故障现象	产生原因	检修方法
手动操作的断路器触头不能闭合	3. 储能弹簧变形，导致闭合力减弱 4. 弹簧的反作用力过大	3. 更换储能弹簧 4. 调整弹簧，减少反作用力
断路器有一相触头接触不上	1. 断路器一相连杆断裂 2. 操作机构一相卡死或损坏 3. 断路器连杆之间角度变大	1. 更换其中一相连杆 2. 检查机构卡死原因，更换损坏器件 3. 把连杆之间的角度调整至170°为宜
断路器失电压脱扣器不能自动开关分断	1. 断路器机械机构卡死不灵活 2. 反力弹簧作用力变小	1. 重新装配断路器，使其机构灵活 2. 调整反力弹簧，使反作用力及储能力增大
断路器分励脱扣器不能使断路器分断	1. 电源电压与线圈电压不一致 2. 线圈烧毁 3. 脱扣器整定值不对 4. 电动开关机构螺钉未拧紧	1. 重新通入合适电压 2. 更换线圈 3. 重新整定脱扣器的整定值，使其动作准确 4. 紧固螺钉
在起动电动机时断路器立刻分断	1. 负载电流瞬时过大 2. 过电流脱扣器瞬时整定值过小 3. 橡皮膜损坏	1. 处理负载超载的问题，然后恢复供电 2. 重新调整过电流脱扣器瞬时整定弹簧及螺钉，使其整定到适合位置 3. 更换橡皮膜

（续）

故障现象	产生原因	检修方法
断路器在运行一段时间后自动分断	1. 较大容量的断路器电源进出线接头连接处松动，接触电阻大，在运行中发热，引起电流脱扣器动作 2. 过电流脱扣器延时整定值过小 3. 热元件损坏	1. 对于较大负载的断路器，要松开电源进出线的固定螺钉，去掉接触杂质，把接线鼻重新压紧 2. 重新整定过电流值 3. 更换热元件，严重时要更换断路器
断路器噪声较大	1. 失电压脱扣器反力弹簧作用力过大 2. 线圈铁心接触面不洁或生锈 3. 短路环断裂或脱落	1. 重新调整失电压脱扣器弹簧作用力 2. 用细砂纸打磨铁心接触面，涂上少许机油 3. 重新加装短路环
断路器辅助触头不通	1. 辅助触头卡死或脱落 2. 辅助触头不洁或接触不良 3. 辅助触头传动杆断裂或滚轮脱落	1. 重新拨正装好辅助触头机构 2. 把辅助触头清擦一次或用细砂纸打磨触头 3. 更换为同型号的传动杆或滚轮
断路器在运行中温度过高	1. 通入断路器的主导线接触处未压紧，接触电阻过大	1. 重新检查主导线的接线鼻，并使导线在断路器上压紧

（续）

故障现象	产生原因	检修方法
断路器在运行中温度过高	2. 断路器触头表面磨损严重或有杂质，接触面积减小 3. 触头压力降低	2. 用锉刀把触头打磨平整 3. 调整触头压力或更换弹簧
带半导体过电流脱扣的断路器，在正常运行时误动作	1. 周围有大型设备的磁场影响半导体脱扣工作，使其误动作 2. 半导体器件损坏	1. 仔细检查周围的大型电磁铁分断时磁场产生的影响，并尽可能使两者距离远些 2. 更换损坏的器件

4.7　交流接触器

交流接触器是通过电磁机构动作，频繁地接通和分断主电路的远距离操纵电器。它具有动作迅速、操作安全方便、便于远距离控制以及具有欠电压、零电压保护作用等优点，广泛用于电动机、电焊机、小型发电机、电热设备和机床电路中。由于它只能接通和分断负载电流，不具备短路等保护作用，因此常与熔断器、热继电器等配合使用。

交流接触器主要由电磁机构、触头系统、灭弧装置及辅助部件等组成。图 4-10 所示为 B 系列交流接触器。B 系列交流接触器是引进德国全套制造技术生产的，由于采用了先进的结构设计、合理的尺寸参数，各零部件也按其

功能选用了最合适的材料，所以该系列接触器具有较高的技术性能，主要用于交流 50/60Hz、额定工作电压低于 660V 的电路中，供远距离接通和分断电路之用，并可与适当的热过载继电器组成电磁起动器，以保护可能发生操作过负荷的电路，适宜于频繁起动和控制交流电动机的电路。其外形如图 4-10所示。B 系列交流接触器主要技术参数见表 4-21。

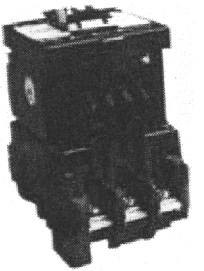


图 4-10　B 系列交流接触器

表 4-21　B 系列交流接触器

型号	最高工作电压/V	额定发热电流/A	额定工作电流/A		380V 额定接通能力/A	380V 额定分断能力/A	机械寿命 1800 次/h/(×10⁴ 次)		
			380VAC-3、AC-4	550VAC-3、AC-4			B	BE	BC
B9	660	16	8.5	3.5	105	85	1000	500	
B12		20	11.5	4.5	140	115			
B16		25	15.5	6.7	190	155			
B25		40	22	13	270	220			
B30		45	30	17.5	340	300			
B37		45	37	21	445	370			
B45		60	45	25	540	450			
B65		80	65	44	780	650			

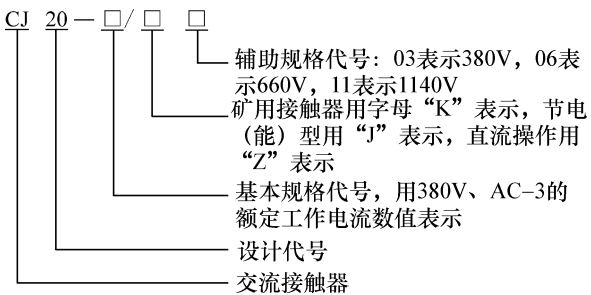
（续）

型号	最高工作电压/V	额定发热电流/A	额定工作电流/A		380V额定接通能力/A	380V额定分断能力/A	机械寿命1800次/h/（×10⁴次）		
			380VAC-3、AC-4	550VAC-3、AC-4			B	BE	BC
B85	660	100	85	53	1020	850	1000	500	
B105		140	105	82	1260	1050		300	
B170		230	170	118	2040	1700			
B250		300	250	170	3000	2500	600		
B370		410	370	268	4450	3700			
B460		600	475	337	5700	4750			
BE37		45	37	21	445	370	1000	500	3000
BE45		60	45	25	540	450			
BE65		80	65	44	780	650	1000	500	
BE85		100	85	53	1020	850			
BE105		140	105	82	1260	1050		300	
BE170		230	170	118	2040	1700			
BE250		300	250	170	3000	2500			
BE370		410	370	268	4450	3700			
BC37		45	37	21	445	370		500	3000
BC45		60	45	25	540	450			

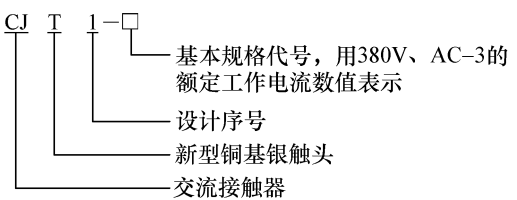
4.7.1　交流接触器的型号

常用的交流接触器有 CJ0、CJ10、CJ12、CJ20 和 CJT1 系列以及 B 系列等。

CJ20 系列交流接触器的型号含义如下：



CJT1 系列接触器的型号含义如下：



接触器按 AC-3 额定工作电流等级分为 10 种，即 10A、16A、25A、40A、63A、100A、160A、250A、400A、630A。其中 CJ20-40、CJ20-63、CJ20-100、CJ20-160、CJ20-250、CJ20-630 带纵缝灭弧罩；CJ20-160/11、CJ20-250/06、CJ20-400、CJ20-630/06、CJ20-630/11 带栅

片灭弧罩。

4.7.2　交流接触器的主要技术参数

CJ12 系列交流接触器的主要技术参数见表 4-22。

表 4-22　CJ12 系列交流接触器的主要技术参数

型号	主触头额定电流/A	辅助触头额定电流/A	可控制电动机的最大功率/kW		吸引线圈电压/V	额定操作频率/(次/h)
			220V	380V		
CJ12-100 CJ12B-100	100	10		50	36，127，220，380	600
CJ12-150 CJ12B-150	150			75		
CJ12-250 CJ12B-250	250			125		
CJ12-400 CJ12B-400	400			200		300
CJ12-600 CJ12B-600	600			300		

CJ20 系列交流接触器主要用于交流频率为 50Hz、额定电压为 660V（个别等级为 1140V），额定电流至 630A 及以下的电力线路中，用于远距离频繁地接通和分断电路及控制交流电动机用，并适用于与热继电器或电子式保护装置组成电磁起动器，以保护电路。

CJ20 系列交流接触器的主要技术参数见表 4-23。

表 4-23　CJ20 系列交流接触器的主要技术参数

型号	额定绝缘电压/V	额定发热电流/A	AC-3 使用类别下可控制的三相笼型电动机的最大功率/kW			操作频率(AC-3)/(次/h)	AC-3 下电寿命/万次	线圈功率(起动/保持)/(VA/W)	选用的熔断器型号
			220V	380V	660V				
CJ20-10	660	10	2.2	4	4	1200	100	65/8.3	RT16-20
CJ20-16		16	4.5	7.5	11			62/8.5	RT16-32
CJ20-25		32	5.5	11	13			93/14	RT16-50
CJ20-40		55	11	22	22			175/19	RT16-80
CJ20-63		80	18	30	35		120	480/57	RT16-160
CJ20-100		125	28	50	50			570/61	RT16-250
CJ20-160		200	48	85	85			855/85.5	RT16-315
CJ20-250	660	315	80	132	—	600	60	1710/152	RT16-400
CJ20-250/06		315	—	—	190			1710/152	RT16-400
CJ20-400		400	115	200	220			1710/152	RT16-500
CJ20-630		630	175	300	—			3578/250	RT16-630
CJ20-630/06		630	—	—	350			3578/250	RT16-630

CJT1 系列交流接触器主要用于交流频率为 50Hz、额定电压为 380V、额定电流为 150A 及以下的电力线路中，作远距离频繁接通与分断电路之用，并与适当的热继电器或电子式保护装置组合成电动机起动器，以保护可能发生过载的电路。

CJT1 系列接触器的主要参数和技术性能见表 4-24。

表 4-24　CJT1 系列接触器的主要参数和技术性能

型　　号		CJT1-10	CJT1-20	CJT1-40	CJT1-60	CJT1-100	CJT1-150
额定工作电压/V		380					
额定工作电流（AC-1～AC-4,380V）/A		10	20	40	60	100	150
可控制电动机功率/kW	220V	2.2	5.8	11	17	28	43
	380V	4	10	20	30	50	75
操作频率/（次/h）		AC-1、AC-3 为 600；AC-2、AC-4 为 300；CJT1-150　AC-4 为 120					
电寿命/万次	AC-3	60					
	AC-4	2			1		0.6
机械寿命/万次		300					
辅助触头		2 常开 2 常闭，AC-15　180VA；DC-13　60W $I_{th}=5A$					
配用熔断器		RT16-20	RT16-50	RT16-80	RT16-160	RT16-250	RT16-315
吸引线圈消耗功率/VA	闭合前瞬间	65	140	245	485	760	1100
	闭合后吸持	11	22	30	95	105	116
吸合功率/W		5	6	12	26	27	28

4.7.3 交流接触器的选用

1）接触器类型的选择。根据电路中负载电流的种类来选择，即交流负载应选用交流接触器，直流负载应选用直流接触器。

2）操作线圈电压的选择。交流线圈电压：36V、110V、127V、220V、380V；直流线圈电压：24V、48V、110V、220V、440V；从人身和设备安全角度考虑，线圈电压可选择低一些；但当控制电路简单、线圈功率较小时，为了节省变压器，可选220V或380V。

3）触头数量及触头类型的选择。通常接触器的触头数量应满足控制电路数的要求，触头类型应满足控制电路的功能要求。

4）接触器主触头额定电流的选择。主触头额定电流应满足下列条件，即

$$I_{\text{N主触头}} \geqslant P_{\text{N电动机}} / [(1 \sim 1.4) U_{\text{N电动机}}]$$

若接触器控制的电动机起动或正反转频繁，一般将接触器主触头的额定电流降一级使用。

5）接触器主触头额定电压的选择。使用时要求接触器主触头额定电压应大于或等于负载的额定电压。

6）接触器操作频率的选择。操作频率是指接触器每小时的通断次数。当通断电流较大或通断频率过高时，会引起触头过热，甚至熔焊。操作频率若超过规定值，应选用额定电流大一级的接触器。

7）接触器线圈额定电压的选择。接触器线圈的额定

电压不一定等于主触头的额定电压，当电路简单、使用电器少时，可直接选用 380V 或 220V 电压的线圈，如电路较复杂、使用电器时间超过 5h，可选用 24V、48V 或 110V 电压的线圈。

4.7.4　交流接触器的安装、使用和维护

1）接触器安装前应核对线圈额定电压和控制功率等是否与选用的要求相符合。

2）接触器应垂直安装于直立的平面上，与垂直面的倾斜不超过 5°。

3）金属底座的接触器上备有接地螺钉，绝缘底座的接触器安装在金属底板或金属外壳中时，亦须备有可靠的接地装置和明显的接地符号。

4）主电路接线时，应使接触器的下部触头接到负载侧，控制电路接线时，用导线的直线头插入瓦型垫圈，旋紧螺钉即可。未接线的螺钉亦须旋紧，以防失落。

5）接触器在主电路不通电的情况下通电操作数次确认无不正常现象后，方可投入运行。接触器的灭弧罩未装好之前，不得操作接触器。

6）接触器使用时，应进行经常和定期的检查与维修。经常清除表面污垢，尤其是进出线端相间的污垢。

7）接触器工作时，如发出较大的噪声，可用压缩空气或小毛刷清除衔铁极面上的尘垢。

8）使用中如发现接触器在切除控制电源后，衔铁有显著的释放延迟现象时，可将衔铁极面上的油垢擦净，即

可恢复正常。

9）接触器的触头如受电弧烧黑或烧毛时，并不影响其性能，可以不必进行修理，否则反而可能促使其提前损坏。但触头和灭弧罩上如有松散的金属小颗粒则应清除。

10）接触器的触头如因电弧烧损，以致厚薄不均时，可将桥形触头调换方向或相序，以延长其使用寿命。此时，应注意调整触头使之接触良好，每相下断点不同期接触的最大偏差不应超过 0.3mm，并使每相触头的下断点较上断点滞后接触约 0.5mm。

11）接触器主触头的银触点厚度磨损至不足 0.5mm 时，应更换为新触头；主触头弹簧的压缩超程小于 0.5mm 时，应进行调整或更换为新触头。

12）对灭弧电阻和软连接，应特别注意检查，如有损坏等情况时，应立即进行修理或更换为新件。

13）接触器如出现异常现象，应立即切断电源，查明原因，排除故障后方可再次投入使用。

14）在更换 CJT1-60、100、150 接触器线圈时，先将静铁心外间的缓冲钢丝取下，然后用力将线圈骨架向底部压下，使线圈骨架相的缺口脱离线圈左右两侧的支架，静铁心即随同线圈往上方抽出，当线圈从静铁心上取下时，应防止其中的缓冲弹簧失落。

4.7.5　接触器的常见故障及检修方法（见表 4-25）

表 4-25　接触器的常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
接触器线圈过热或烧毁	1. 电源电压过高或过低	1. 调整电压到正常值
	2. 操作接触器过于频繁	2. 改变操作接触器的频度或更换合适的接触器
	3. 环境温度过高使接触器难以散热或线圈在有腐蚀性气体或潮湿环境下工作	3. 改善工作环境
	4. 接触器铁心端面不平，消剩磁气隙过大或有污垢	4. 清理擦拭接触器铁心端面，严重时更换铁心
	5. 接触器动铁心机械故障使其通电后不能吸上	5. 检查接触器机械部分动作不灵活或卡死的原因，修复后如线圈烧毁应更换为同型号线圈
	6. 线圈有机械损伤或中间短路	6. 更换接触器线圈，排除造成接触器线圈机械损伤的故障
接触器触头熔焊	1. 接触器负载侧短路	1. 首先断电，用螺丝刀把熔焊的触头分开，修整触头接触面，并排除短路故障
	2. 接触器触头超负载使用	2. 更换容量大一级的接触器
	3. 接触器触头质量太差发生熔焊	3. 更换合格的高质量接触器
	4. 触头表面有异物或有金属颗粒突起	4. 清理触头表面

（续）

故障现象	产生原因	检修方法
接触器触头熔焊	5. 触头弹簧压力过小 6. 接触器线圈与通入线圈的电压线路接触不良，造成高频率的通断，使接触器瞬间多次吸合释放	5. 重新调整好弹簧压力 6. 检查接触器线圈控制电路接触不良处，并修复
接触器铁心吸合不上或不能完全吸合	1. 电源电压过低 2. 接触器控制电路有误或接不通电源 3. 接触器线圈断线或烧坏 4. 接触器衔铁机械部分不灵活或动触头卡住 5. 触头弹簧压力过大或超程过大	1. 调整电压达正常值 2. 更正接触器控制电路；更换损坏的电气元件 3. 更换线圈 4. 修理接触器机械故障，去除生锈，并在机械动作机构处加些润滑油；更换损坏零件 5. 按技术要求重新调整触头弹簧压力或超程
接触器铁心释放缓慢或不能释放	1. 接触器铁心端面有油污造成释放缓慢 2. 反作用弹簧损坏，造成释放缓慢 3. 接触器铁心机械动作机构被卡住或生锈动作不灵活 4. 接触器触头熔焊造成不能释放	1. 取出动铁心，用棉布把两铁心端面油污擦净，重新装配好 2. 更换为新的反作用弹簧 3. 修理或更换损坏零件；清除杂物与除锈 4. 用螺丝刀把动静触头分开，并用钢锉修整触头表面

（续）

故障现象	产生原因	检修方法
接触器相间短路	1. 接触器工作环境极差 2. 接触器灭弧罩损坏或脱落 3. 负载短路 4. 正反转接触器操作不当，加上联锁、互锁不可靠，造成换向时两只接触器同时吸合	1. 改善工作环境 2. 重新选配接触器灭弧罩 3. 处理负载短路故障 4. 重新联锁换向接触器互锁电路，并改变操作方式，不能同时按下两只换向接触器起动按钮
接触器触头过热或灼伤	1. 接触器在环境温度过高的地方长期工作 2. 操作过于频繁或触头容量不够 3. 触头超程太小 4. 触头表面有杂质或不平 5. 触头弹簧压力过小 6. 三相触头不能同步接触 7. 负载侧短路	1. 改善工作环境 2. 尽可能减小操作频率或更换大一级容量的接触器 3. 重新调整触头超程或更换触头 4. 清理触头表面 5. 重新调整弹簧压力或更换为新弹簧 6. 调整接触器三相动触头，使其同步接触静触头 7. 排除负载短路故障
接触器工作时噪声过大	1. 通入接触器线圈的电源电压过低 2. 铁心端面生锈或有杂物	1. 调整电压达正常值 2. 清理铁心端面

（续）

故障现象	产生原因	检修方法
接触器工作时噪声过大	3. 铁心吸合时歪斜或机械有卡住故障	3. 重新装配、修理接触器机械动作机构
	4. 接触器铁心短路环断裂或脱掉	4. 焊接短路环并重新装上
	5. 铁心端面不平磨损严重	5. 更换接触器铁心
	6. 接触器触头弹簧压力过大	6. 重新调整接触器弹簧压力，直至其适当为止

4.8　热继电器

热继电器是一种电气保护元件。它是利用电流的热效应来推动动作机构使触头闭合或断开的保护电器，广泛用于电动机的过载保护、断相保护、电流不平衡保护以及其他电气设备的过载保护。热继电器由热元件、触头、动作机构、复位按钮和整定电流装置等部分组成，其外形如图4-11所示。



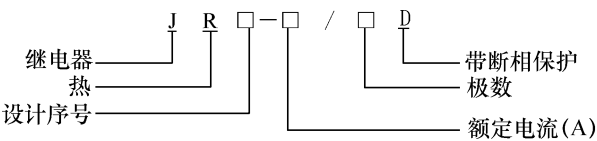
图4-11　热继电器

热继电器有两相结构、三相结构和三相带断相保护装置等三种类型。对于三相电压和三相负载平衡的电路，可选用两相结构的热继电器作为保护电器；对于三相电压严重不平衡或三相负载严重不对称的

电路，则不宜用两相结构的热继电器而只能用三相结构的热继电器。

4.8.1　热继电器的型号

热继电器的型号含义如下：



4.8.2　热继电器的主要技术参数

常用的热继电器有 JR20、JR36、JRS1、JR16B 和 T 系列等。

JR20 系列热继电器采用立体布置式结构，除具有过载保护、断相保护、温度补偿以及手动和自动复位功能外，还具有动作脱扣灵活、动作脱扣指示以及断开检验按钮等功能装置。JR20 系列热继电器的主要技术参数见表 4-26。

表 4-26　JR20 系列热继电器的主要技术参数

型号	额定电流/A	热元件号	整定电流调节范围/A
JR20-10	10	1R ~ 15R	0.1 ~ 11.6
JR20-16	16	1S ~ 6S	3.6 ~ 18
JR20-25	25	1T ~ 4T	7.8 ~ 29
JR20-63	63	1U ~ 6U	16 ~ 71
JR20-160	160	1W ~ 9W	33 ~ 176

JR36 系列双金属片热过载继电器，主要用于交流频率为 50Hz、额定电压为 690V、电流为 0.25 ~ 160A 的长期工作或间断长期工作的三相交流电动机的过载保护和断相保护。JR36 系列热继电器的主要技术参数见表 4-27。

表 4-27　JR36 系列热继电器的主要技术参数

			JR36-20	JR36-63	JR36-160
额定工作电流/A			20	63	160
额定绝缘电压/V			690	690	690
断相保护			有	有	有
手动与自动复位			有	有	有
温度补偿			有	有	有
测试按钮			有	有	有
安装方式			独立式	独立式	独立式
辅助触头			1 常开 +1 常闭	1 常开 +1 常闭	1 常开 +1 常闭
AC-15　380V　额定电流/A			0.47	0.47	0.47
AC-15　220V　额定电流/A			0.15	0.15	0.15
导线截面积/mm^2	主电路	单芯或绞合线	1.0 ~ 4.0	6.0 ~ 16	16 ~ 70
		接线螺钉	M5	M6	M8
	辅助电路	单芯或绞合线	2 ×(0.5 ~ 1)	2 ×(0.5 ~ 1)	2 ×(0.5 ~ 1)
		接线螺钉	M3	M3	M3

4.8.3　热继电器的选用

1）热继电器的类型选用：一般轻载起动、长期工作

的电动机或间断长期工作的电动机，选择两相结构的热继电器；当电源电压的均衡性和工作环境较差或较少有人照管的电动机，或多台电动机的功率差别较大，可选择三相结构的热继电器；而三角形联结的电动机，应选用带断相保护装置的热继电器。

2）热继电器的额定电流选用：热继电器的额定电流应略大于电动机的额定电流。

3）热继电器的型号选用：根据热继电器的额定电流应大于电动机的额定电流原则，查表确定热继电器的型号。

4）热继电器的整定电流选用：一般将热继电器的整定电流调整到等于电动机的额定电流；对过载能力差的电动机，可将热元件整定值调整到电动机额定电流的 0.6 ~ 0.8 倍；对起动时间较长、拖动冲击性负载或不允许停车的电动机，热继电器的整定电流应调节到电动机额定电流的 1.1 ~ 1.15 倍。

4.8.4　热继电器的安装、使用和维护

1）热继电器安装接线时，应清除触头表面污垢，以避免电路不通或因接触电阻太大而影响热继电器的动作特性。

2）热继电器进线端子标志为 1/L1、3/L2、5/L3，与之对应的出线端子标志为 2/T1、4/T2、6/T3，常闭触头接线端子标志为 95、96，常开触头接线端子标志为 97、98。

3）必须选用与所保护的电动机额定电流相同的热继电器，如不符合，则将失去保护作用。

4）热继电器除了接线螺钉外，其余螺钉均不得拧动，否则其保护特性即行改变。

5）热继电器进行安装接线时，必须切断电源。

6）当热继电器与其他电器安装在一起时，应将它安装在其他电器的下方，以免其动作特性受到其他电器发热的影响。

7）热继电器的主电路连接导线不宜太粗，也不宜太细。如连接导线过细，轴向导热性差，热继电器可能提前动作；反之，连接导线太粗，轴向导热快，热继电器可能滞后动作。

8）当电动机起动时间过长或操作次数过于频繁时，会使热继电器误动作或烧坏电器，故这种情况一般不用热继电器作过载保护。

9）若热继电器双金属片出现锈斑，可用棉布蘸上汽油轻轻擦拭，切忌用砂纸打磨。

10）当主电路发生短路故障后，应检查发热元件和双金属片是否已经发生永久变形，若已变形，应予更换。

11）热继电器在出厂时均调整为自动复位形式。如欲调为手动复位，可将继电器侧面孔内螺钉倒退约三、四圈即可。

12）热继电器脱扣动作后，若要再次起动电动机，必须待热元件冷却后，才能使热继电器复位。一般自动复

位需待 5min，手动复位需待 2min。

13）热继电器的整定电流必须按电动机的额定电流进行调整，在作调整时，绝对不允许弯折双金属片。

14）为使热继电器的整定电流与负载的额定电流相符，可以旋动调节旋钮使所需的电流值对准白色箭头，旋钮上的电流值与整定电流值之间可能有误差，可在实际使用时按情况略予偏转。如需用两刻度之间整定电流值，可按比例转动调节旋钮，并在实际使用时适当调整。

4.8.5　热继电器的常见故障及检修方法（见表 4-28）

表 4-28　热继电器的常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
热继电器误动作	1. 选用热继电器规格不当或大负载选用热继电器电流值太小 2. 整定热继电器电流值偏低 3. 电动机起动电流过大，电动机起动时间过长 4. 反复在短时间内起动电动机，操作过于频繁	1. 更换热继电器，使它的额定值与电动机额定值相符 2. 调整热继电器整定值，使其正好与电动机的额定电流值相符合并对应 3. 减轻起动负载；电动机起动时间过长时，应将时间继电器的时间调整得稍短些 4. 减少电动机起动次数

（续）

故障现象	产生原因	检修方法
热继电器误动作	5. 连接热继电器主电路的导线过细、接触不良或主导线在热继电器接线端子上未压紧 6. 热继电器受到强烈的冲击振动	5. 更换连接热继电器主电路的导线，使其截面积符合电流要求；重新压紧热继电器主电路的导线端子 6. 改善热继电器使用环境
热继电器在超负载电流值时不动作	1. 热继电器动作电流值整定得过高 2. 动作触头有污垢造成短路 3. 热继电器烧坏 4. 热继电器动作机构卡死或导板脱出 5. 连接热继电器的主电路导线过粗	1. 重新调整热继电器电流值 2. 用酒精清洗热继电器的动作触头，更换损坏部件 3. 更换同型号的热继电器 4. 调整热继电器动作机构，并加以修理。如导板脱出，要重新放入并调整好 5. 更换成符合标准的导线
热继电器烧坏	1. 热继电器在选择的规格上与实际负载电流不相配 2. 流过热继电器的电流严重超载或负载短路 3. 可能是操作电动机过于频繁 4. 热继电器动作机构不灵敏，使热元件长期超载而不能保护热继电器	1. 热继电器的规格要选择适当 2. 检查电路故障，在排除短路故障后，更换为合适的热继电器 3. 改变操作电动机方式，减少起动电动机次数 4. 更换为动作灵敏的合格热继电器

（续）

故障现象	产生原因	检修方法
热继电器烧坏	5. 热继电器的主接线端子与电源线连接时有松动现象或氧化，线头接触不良引起发热烧坏	5. 设法去掉接线头与热继电器接线端子的氧化层，并重新压紧热继电器的主接线

4.9　时间继电器

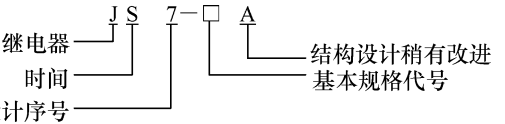
时间继电器是一种利用电磁原理或机械动作原理来延迟触头闭合或分断的自动控制电器。它的种类很多，有电磁式、电动式、空气阻尼式和晶体管式等。在交流电路中应用较广泛的是空气阻尼式时间继电器，它是利用气囊中的空气通过小孔节流的原理来获得延时动作的。它的外形结构如图 4-12 所示。



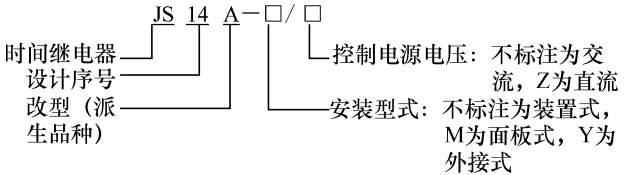
图 4-12　空气阻尼式时间继电器

4.9.1　时间继电器的型号

常用的 JS7-A 系列时间继电器的型号含义如下：



常用的 JS14A 系列晶体管时间继电器的型号含义如下：



4.9.2　时间继电器的主要技术参数

JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器的优点是结构简单、寿命长、价格低，还附有不延时的触头，应用较为广泛。缺点是准确度低、延时误差大，在要求延时准确度高的场合不宜采用。它的主要技术参数见表 4-29。

表 4-29　JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器的主要技术参数

型号	瞬时动作触头数量		延时动作触头数量				触头额定电压/V	触头额定电流/A	线圈电压/V	延时范围/s	额定操作频率/(次/h)
			通电延时		断电延时						
	常开	常闭	常开	常闭	常开	常闭					
JS7-1A	—	—	1	1	—	—	380	5	24，36，110，127，220，380，420	0.4～60 及 0.4～180	600
JS7-2A	1	1	1	1	—	—					

（续）

型号	瞬时动作触头数量		延时动作触头数量				触头额定电压/V	触头额定电流/A	线圈电压/V	延时范围/s	额定操作频率/(次/h)
			通电延时		断电延时						
	常开	常闭	常开	常闭	常开	常闭					
JS7-3A	—	—	—	—	1	1	380	5	24，36，110，127，220，380，420	0.4～60及0.4～180	600
JS7-4A	1	1	—	—	1	1					

JS14A 系列继电器为通电延时型的时间继电器，用于控制电路中作延时元件，按规定的时间接通或分断电路，起自动控制作用。它的主要技术参数见表 4-30。

表 4-30　JS14A 系列晶体管时间继电器的主要技术参数

工作方式	通电延时
工作电压	AC50Hz　36V、110V、127V、220V、380V，DC24V
重复误差	≤2.5%
触头数量	延时 2 转换
触头容量	AC　220V　5A　$\cos\varphi=1$，DC28V　5A

（续）

电寿命/次	1×10^5												
机械寿命/次	1×10^6												
安装方式	装置式　面板式　外接式												
延时范围代号	1	5	10	30	60	120	180	300	600	900	1200	1800	3600
延时范围/s	0.1～1	0.5～5	1～10	3～30	6～60	12～120	18～180	30～300	60～600	90～900	120～1200	180～1800	360～3600

4.9.3　时间继电器的选用

1）类型的选择。在要求延时范围大、延时准确度较高的场合，应选用电动式或电子式时间继电器。当延时准确度要求不高、电源电压波动大的场合，可选用价格较低的电磁式或空气阻尼式时间继电器。

2）线圈电压的选择。根据控制电路电压来选择时间继电器吸引线圈的电压。

3）延时方式的选择。时间继电器有通电延时和断电延时两种，应根据控制电路的要求来选择哪一种延时方式的时间继电器。

4.9.4　时间继电器的安装、使用和维护

1）必须按接线端子图正确接线，核对继电器额定电

压与将连接的电源电压是否相符，对于直流型应注意电源极性。

2）对于晶体管时间继电器，延时刻度不表示实际延时值，仅供调整参考。若需精确的延时值，需在使用时先核对延时数值。

3）JS7-A 系列时间继电器由于无刻度，故不能准确地调整延时时间，同时气囊室的进排气孔也有可能被尘埃堵住而影响延时的准确性，应经常清除灰尘及油污。

4）JS7-A 系列时间继电器只要将线圈转动 180°即可将通电延时改为断电延时方式。

5）JS11-□1 系列通电延时继电器，必须在分断离合器电磁铁线圈电源时才能调节延时值；而 JS11-□2 系列断电延时继电器，必须在接通离合器电磁铁线圈电源时才能调节延时值。

6）JS20 系列时间继电器与底座间有扣襻锁紧，在拔出继电器本体前先要扳开扣襻，然后缓缓拔出继电器。

4.9.5　时间继电器的常见故障及检修方法（见表 4-31）

表 4-31　时间继电器的常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
延时触头不动作	1. 电磁铁线圈断线 2. 电源电压低于线圈额定电压很多	1. 更换线圈 2. 更换线圈或调高电源电压

（续）

故障现象	产生原因	检修方法
延时触头不动作	3. 电动式时间继电器的同步电动机线圈断线	3. 重绕电动机线圈，或调换同步电动机
	4. 电动式时间继电器的棘爪无弹性，不能刹住棘齿	4. 更换为新的合格的棘爪
	5. 电动式时间继电器游丝断裂	5. 更换游丝
延时时间缩短	1. 空气阻尼式时间继电器的气囊室装配不严，漏气	1. 修理或调换气囊室
	2. 空气阻尼式时间继电器的气囊室内橡皮薄膜损坏	2. 更换橡皮薄膜
延时时间变长	1. 空气阻尼式时间继电器的气囊室内有灰尘，使气道阻塞	1. 清除气囊室内的灰尘，使气道畅通
	2. 电动式时间继电器的传动机构缺润滑油	2. 加入适量的润滑油

4.10　中间继电器

中间继电器是用来转换控制信号的中间元件。其输入是线圈的通电或断电信号，输出信号为触头的动作。其主要用途是当其他继电器的触头数或触头容量不够时，可借

助中间继电器来扩大它们的触头数量或触头容量。

中间继电器的基本结构和工作原理与小容量交流接触器基本相同，由电磁线圈、动铁心、静铁心、触头系统、反作用弹簧和复位弹簧等组成，如图 4-13 所示。

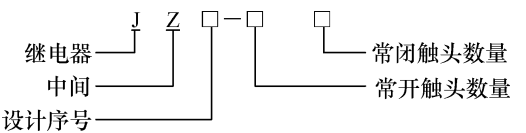


图 4-13　中间继电器

中间继电器的触头数量较多，并且无主、辅触头之分。各对触头允许通过的电流大小也是相同的，额定电流约为 5A。在控制电动机额定电流不超过 5A 时，也可用中间继电器来代替接触器。

4.10.1　中间继电器的型号

常用的 JZ 系列中间继电器的型号含义如下：



4.10.2　中间继电器的主要技术参数

中间继电器种类很多，常用的为 JZ7 系列，它适用于交流频率为 50Hz、电压为 500V、电流为 5A 及以下的控制电路中，以控制各种电磁线圈。JZ7 系列中间继电器的主要技术参数见表 4-32。

4.10.3　中间继电器的选用

中间继电器的使用与接触器相似，但中间继电器的触

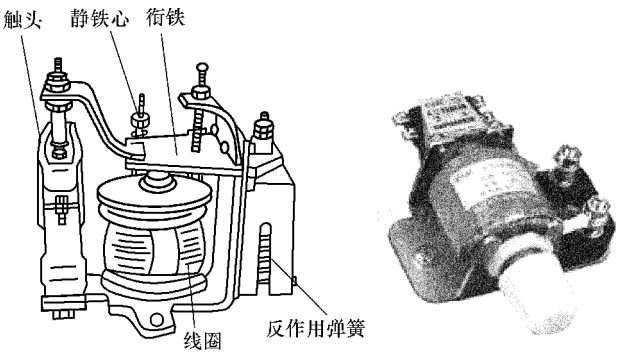
头容量较小，一般不能在主电路中应用。中间继电器一般根据负载电流的类型、电压等级和触头数量来选择。

表 4-32　JZ7 系列中间继电器的主要技术参数

型号	触头额定电压/V	触头额定电流/A	触头数量		吸引线圈电压/V		操作频率/(次/h)	通电持续率(%)	电寿命/万次
			常开	常闭	50Hz	60Hz			
JZ7-22	交流 50Hz 或 60Hz 380 直流 440	5	2	2	12，24，36，48，110，127，220，380，420，440，500	12，36，110，127，220，380，440	1200	40	100
JZ7-41			4	1					
JZ7-42			4	2					
JZ7-44			4	4					
JZ7-53			5	1 或 3					
JZ7-62			6	2					
JZ7-80			8	0					

4.11　过电流继电器

过电流继电器的线圈串联在主电路中，常闭触头串接于辅助电路中，当主电路的电流高于容许值时，过电流继电器吸合动作，常闭触头断开，切断控制电路。过电流继电器主要用于重载或频繁起动的场合作为电动机和主电路的过载和短路保护，常用的有 JT4、JL12 和 JL14 等系列过电流继电器。JT4 和 JL12 系列过电流继电器的外形结构如图 4-14 所示。

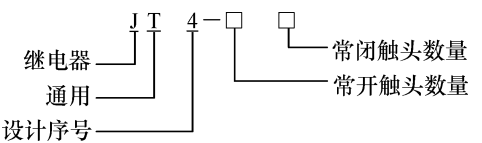


a) JT4系列过电流继电器　　b) JL12系列过电流继电器外形图

图 4-14　JT4、JL12 系列过电流继电器

4.11.1　过电流继电器的型号

常用的 JT4 系列过电流继电器的型号含义如下：



4.11.2　过电流继电器的主要技术参数

JT4 系列过电流继电器的主要技术参数见表 4-33。

4.11.3　过电流继电器的选用

1）过电流继电器线圈的额定电流一般可按电动机长期工作的额定电流来选择，对于频繁起动的电动机，考虑起动电流在继电器中的热效应，额定电流可选大一级。

表 4-33　JT4 系列过电流继电器的主要技术参数

型号	吸引线圈电流/A	消耗功率/W	触头数量	复位方式		动作电流	返回系数
				自动	手动		
JT4-□□L	5，10，15，20，40，80，150，300，600	5	2 常开 2 常闭或 1 常开 1 常闭	自动		吸引电流可在线圈额定电流的 110% ~ 350% 范围内调节	0.1 ~ 0.3
JT4-□□S					手动		

2）过电流继电器的整定值一般为电动机额定电流的 1.7 ~ 2 倍，频繁起动场合可取 2.25 ~ 2.5 倍。

4.11.4　过电流继电器的安装、使用和维护

1）安装前先检查额定电流及整定值是否与实际要求相符。

2）安装时，需将电磁线圈串联于主电路中，常闭触头串联于控制电路中与接触器线圈连接。

3）安装后在主触头不带电的情况下，使吸引线圈带电操作几次，检查继电器动作是否可靠。

4）定期检查各部件有否松动及损坏现象，并保持触头的清洁和可靠。

4.12　速度继电器

速度继电器是一种可以按照被控电动机转速的大小使控制电路接通或断开的电器。速度继电器通常与接触器配

合，实现对电动机的反接制动。速度继电器主要由转子、定子和触头组成，它的外形结构如图 4-15 所示。

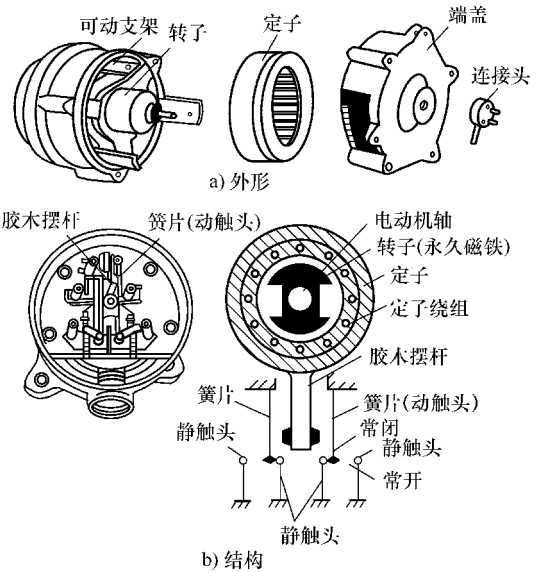
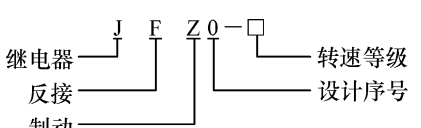


图 4-15　速度继电器

4.12.1　速度继电器的型号

JFZ0 系列速度继电器的型号含义如下：



4.12.2 速度继电器的主要技术参数

常用的速度继电器有JY1型和JFZ0型。JY1型能在3000r/min以下可靠工作；JFZ0-1型适用于300～1000r/min，JFZ-2型适用于1000～3600r/min；JFZ0型有两对常开、常闭触头。一般速度继电器转轴在120r/min左右即能动作，在100r/min以下触头复位。

JY1型和JFZ0型速度继电器的主要技术参数见表4-34。

表4-34 JY1型和JFZ0型速度继电器的主要技术参数

型号	触头容量		触头数量		额定工作转速/(r/min)	允许操作频率/(次/h)
	额定电压/V	额定电流/A	正转时动作	反转时动作		
JY1	380	2	1组转换触头	1组转换触头	100～3600	<30
JFZ0					300～3600	

4.12.3 速度继电器的选用及使用

1）速度继电器主要根据电动机的额定转速来选择。

2）速度继电器的转轴应与电动机同轴连接。安装接线时，正反向的触头不能接错，否则不能起到反接制动时接通和断开反向电源的作用。

4.13 预置数数显计数继电器

DH 14J预置数数显计数继电器通常简称为计数器，适用于交流频率为50Hz、额定工作电压有24V、

36V、110V、127V、220V、380V 或直流工作电压 24V。该预置数数显计数继电器可按预置的数字接通或分断电路。

此计数器采用专用计数芯片、计数信号光电隔离、4 位 LED 数字显示，计数范围为 1 ~ 9999（×1、×10、×100 倍率转换开关预置），它具有计数范围广、多种计数信号输入、计数性能稳定可靠等优点。

4. 13. 1　计数方式

1）触头信号输入计数：继电器、行程开关等。

2）电平信号输入计数：正脉冲电平（DC4 ~ 30V）最小计数脉冲不小于 15ms。

3）传感器信号输入计数：光电开关、接近开关、霍尔开关。

4. 13. 2　其他参数

计数速度：30 次/s；

功耗：≤3W；

复位方式：按钮复零和接线端子⑧与⑪短接复零；

显示器件：LED 数字显示屏；

触头容量：AC　220V，3A，$\cos\varphi = 1$；DC　24V，5A；

DH　14J 预置数数显计数继电器的外形如图 4-16 所示。



图 4-16　DH　14J 预置数数显计数继电器的外形

4.13.3 使用注意事项

1）计数器因有记忆功能，需在通电前预置好数字和倍率关系，通电后预置的数字无效。如需重新预置数字，应在预置好后按复位按钮或断电时间大于0.5s后再接通电源。

2）接线端子①与②为电源，③、④、⑤为一组转换触头，且③、④为常开触头，③、⑤为常闭触头。⑦、⑨为外接4.5V电池，且⑦为正极，⑨为负极（如不需停电记忆功能，不需在⑦、⑨端子之间外接4.5V电池），⑧与⑪为复零输入端，⑩为计数信号输入。

3）触头信号输入计数时，如因输入触头接触不良或回跳导致误计数时，请在计数信号输入端⑨、⑩之间加1个1～4.7μF/50V电容器，⑩接电容器的正极，⑨接电容器的负极。

4）在强电场环境或复位导线较长时，应使用屏蔽导线，且复零端（⑧、⑪）切勿输入电压或接地，以免损坏继电器。

4.14 控制按钮

控制按钮又叫做按钮或按钮开关，是一种短时接通或断开小电流电路的电器。它不直接控制主电路的通断，而在控制电路中发出“指令”去控制接触器、继电器等电器，再由它们去控制主电路。控制按钮的触头允许通过的电流一般不超过5A。

控制按钮按用途和触头的结构不同分为停止按钮（常闭按钮）、起动按钮（常开按钮）和复合按钮（常开和常闭组合按钮）。控制按钮的种类很多，常用的有LA10、LA18、LA19和LA20等系列。LA18、LA19系列按钮的外形结构如图4-17所示。



a) LA18系列按钮外形图

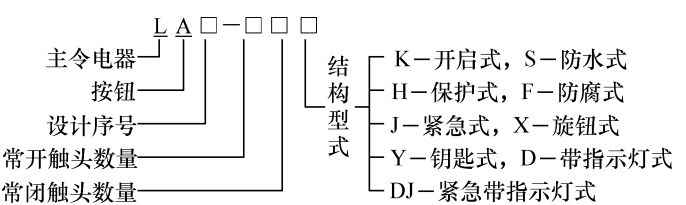


b) LA19系列按钮外形图

图4-17　LA18和LA19系列按钮

4.14.1　控制按钮的型号

常用按钮的型号含义如下：



4.14.2　控制按钮的主要技术参数（见表 4-35）

表 4-35　常用控制按钮的主要技术参数

型号	额定电压/V	额定电流/A	结构形式	触头对数		按钮数	按钮颜色
				常开	常闭		
LA10-2K	500	5	开启式	2	2	2	黑、绿、红
LA10-3K			开启式	3	3	3	黑、绿、红
LA10-2H			保护式	2	2	2	黑、绿、红
LA10-3H			保护式	3	3	3	红、绿、红
LA18-22J			元件（紧急式）	2	2	1	红
LA18-44J			元件（紧急式）	4	4	1	红
LA18-66J			元件（紧急式）	6	6	1	红
LA18-22Y			元件（钥匙式）	2	2	1	黑
LA18-44Y			元件（钥匙式）	4	4	1	黑
LA18-22X			元件（旋钮式）	2	2	1	黑
LA18-44X			元件（旋钮式）	4	4	1	黑
LA18-66X			元件（旋钮式）	6	6	1	黑
LA19-11J			元件（紧急式）	1	1	1	红
LA19-11D			元件（带指示灯）	1	1		红、绿、黄、蓝、白

4.14.3　控制按钮的选用

1）根据使用场合选择按钮的种类。

2）根据用途选择合适的形式。

3）根据控制电路的需要确定按钮数量。

4）按工作状态指示和工作情况要求选择按钮和指示灯的颜色。

4.14.4　控制按钮的安装和使用

1）将按钮安装在面板上时，应布置整齐，排列合理，可根据电动机起动的先后次序，从上到下或从左到右排列。

2）按钮的安装固定应牢固，接线应可靠。

3）由于按钮触头间距离较小，如有油污等容易发生短路故障，因此应保持触头的清洁。

4）安装按钮的按钮板和按钮盒必须是金属的，并设法使它们与机床总接地母线相连接，对于悬挂式按钮必须设有专用接地线，不得借用金属管作为地线。

5）按钮用于高温场合时，易使塑料变形老化而导致松动，引起接线螺钉间相碰短路，可在接线螺钉处加套绝缘塑料管来防止短路。

6）带指示灯的按钮因灯泡发热，长期使用易使塑料灯罩变形，应降低灯泡电压，延长使用寿命。

7）“停止”按钮必须是红色；“急停”按钮必须是红色蘑菇头式；“起动”按钮必须有防护挡圈，防护挡圈应高于按钮头，以防意外触动使电气设备误动作。

4.14.5　控制按钮的常见故障及检修方法（见表 4-36）

表 4-36　控制按钮的常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
按下起动按钮时有触电感觉	1. 按钮的防护金属外壳与连接导线接触	1. 检查按钮内连接导线，排除故障
按下起动按钮时有触电感觉	2. 按钮帽的缝隙间充满铁屑，使其与导电部分形成通路	2. 清理按钮及触头，使其保持清洁
按下起动按钮，不能接通电路，控制失灵	1. 接线头脱落 2. 触头磨损松动，接触不良 3. 动触头弹簧失效，使触头接触不良	1. 重新连接接线 2. 检修触头或调换按钮 3. 更换按钮
按下停止按钮，不能断开电路	1. 接线错误 2. 尘埃或机油、乳化液等流入按钮形成短路 3. 绝缘击穿短路	1. 更正错误接线 2. 清扫按钮，并采取相应密封措施 3. 更换按钮

4.15　行程开关

行程开关又叫做限位开关或位置开关，其作用与按钮相同，只是触头的动作不靠手动操作，而是用生产机械运动部件的碰撞使触头动作来实现接通或分断控制电路，达到一定的控制目的。通常，这类开关被用来限制机械运动的位置或行程，使运动机械按一定位置或行程自动停止、

反向运动、变速运动或自动往返运动等。

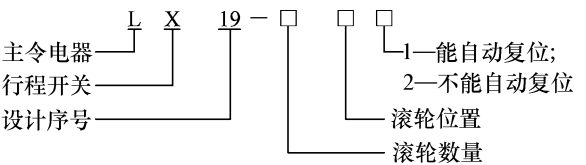
行程开关由操作头、触头系统和外壳组成，可分为按钮式（直动式）、旋转式（滚动式）和微动式三种，其外形结构如图 4-18 所示。



图 4-18　行程开关

4.15.1　行程开关的型号

LX 系列行程开关的型号含义如下：



4.15.2　行程开关的主要技术参数（见表 4-37）

4.15.3　行程开关的选用

1）根据应用场合及控制对象选择种类。

2）根据机械与行程开关的传力与位移关系选择合适的操作头形式。

3）根据控制电路的额定电压和额定电流选择系列。

4）根据安装环境选择防护形式。

4.15.4　行程开关的安装和使用

1）行程开关应紧固在安装板和机械设备上，不得有晃动现象。

2）行程开关安装时位置要准确，否则不能达到位置控制和限位的目的。

表 4-37　LX19 和 JLXK1 系列行程开关的主要技术参数

型号	额定电压/V	额定电流/A	结构形式	触头对数		工作行程	超行程
				常开	常闭		
LX19K	交流 380 直流 220 交流 500	5	元件	1	1	3mm	1mm
LX19-001			无滚轮，仅用传动杆，能自动复位	1	1	<4 mm	>3 mm
LXK19-111			单轮，滚轮装在传动杆内侧，能自动复位	1	1	~30°	~20°
LX19-121			单轮，滚轮装在传动杆外侧，能自动复位	1	1	~30°	~20°
LX19-131			单轮，滚轮装在传动杆凹槽内	1	1	~30°	~20°
LX19-212			双轮，滚轮装在 U 形传动杆内侧，不能自动复位	1	1	~30°	~15°
LX19-222			双轮，滚轮装在 U 形传动杆外侧，不能自动复位	1	1	~30°	~15°
LX19-232			双轮，滚轮装在 U 形传动杆内外侧各一，不能自动复位	1	1	~30°	~15°
JLXK1-111			单轮防护式	1	1	12° ~ 15°	≤30°
JLXK1-211			双轮防护式	1	1	~45°	≤45°
JLXK1-311			直动防护式	1	1	1 ~ 3mm	2 ~ 4mm
JLXK1-411			直动滚轮防护式	1	1	1 ~ 3mm	2 ~ 4mm

3）定期检查行程开关，以免触头接触不良而达不到行程和限位控制的目的。

4.15.5　行程开关的常见故障及检修方法（见表 4-38）

表 4-38　行程开关的常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
挡铁碰撞开关，触头不动作	1. 开关位置安装不当 2. 触头接触不良 3. 触头连接线脱落	1. 调整开关的位置 2. 清洁触头，并保持清洁 3. 重新紧固接线
行程开关复位后常闭触头不能闭合	1. 触杆被杂物卡住 2. 动触头脱落 3. 弹簧弹力减退或被卡住 4. 触头偏斜	1. 打开开关，清除杂物 2. 重新调整动触头 3. 更换弹簧 4. 更换触头
杠杆偏转后触头未动	1. 行程开关位置太低 2. 机械卡阻	1. 上调开关到合适位置 2. 清扫开关内部

第5章

电工常用配电控制电路、机床控制应用与维修

5.1 三相电动机控制电路故障检修

5.1.1 电动机单向控制电路故障检修

5.1.1.1 电动机单向控制电路及工作原理

电动机单向控制电路如图 5-1 所示。

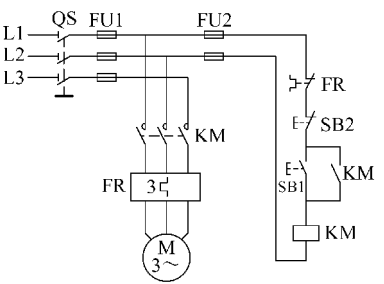


图 5-1 电动机单向控制电路

起动电动机时，合上电源开关 QS，按下起动按钮 SB1，

接触器 KM 线圈获电，KM 主触头闭合，使电动机 M 运转；松开 SB1，由于接触器 KM 常开辅助触头闭合自锁，控制电路仍保持接通，电动机 M 继续运转。停止时，按 SB2，接触器 KM 线圈断电，KM 主触头断开，电动机 M 停转。

具有自锁的正转控制电路的另一个重要特点是它具有欠电压与失电压（或零电压）保护作用。当电动机过载时，主电路热继电器 FR 所通过的电流超过额定电流值，使热继电器内部热元件加热，其内部双金属片弯曲，推动热继电器常闭触头断开，接触器 KM 的线圈断电释放，电动机便脱离电源停转，起到了过载保护作用。

5.1.1.2　电动机单向控制电路故障原因及检修方法与技巧

1. 当按下控制按钮后，电动机不能起动运行

（1）故障可能原因

1）总电源开关虽闭合，但接触不好或电源无电压。

2）熔断器 FU1 或 FU2 熔断数相。

3）接触器线圈 KM 断线或烧毁。

4）接触器主触头熔焊烧坏或动作机构卡死。

5）按钮 SB1 按下后闭合不上或停止按钮 SB2 常闭触头接触不良。

6）热继电器常闭触头接触不良或动作卡住。

7）电动机负载过重卡死或电动机轴承损坏。

8）电磁起动器主电路或控制电路有断线处。

9）电动机绕组断线或烧毁。

（2）检修方法与技巧

1）用低压验电笔测电源开关上桩头有无电压，若无电压应向电路查找原因。若有电压，合上电源开关，测下桩头；如果没有电压，应打开电源开关灭弧盖进行检查，发现哪一相接触不上，要停电进行修复。

2）用低压验电笔测 FU1 下桩头是否有正常的三相电压，若测得某只熔断器熔断，要更换同样规格的熔断器。有的电磁起动器二次电路也带有小熔断器，这时还需测二次电路熔断器是否熔断。这需要细心观察验电笔在 FU2 下桩头显示的亮度，因控制按钮线较长时，一般相邻的控制线上也会带有感应电压，如不细心观察亮度，即使熔断器 FU2 某一相熔断也很难分辨出。如查出 FU2 某相熔断，要更换为同样规格的熔断器。

3）断开电源开关，用万用表电阻挡测接触器线圈 KM 是否烧断，若烧断，要更换接触器线圈或整个接触器。

4）断开电源开关，将接触器灭弧罩打开，检查主触头损坏情况，若主触头烧坏，要更换该损坏的动、静触头。若触头正常，要检查接触器的动作机构，如果接触器动作机构不灵活或卡死时，要更换该接触器。

5）用万用表电阻挡在断开电源开关的情况下单独测停止按钮 SB2，观察两触头在通常情况下是否闭合良好，若接触不良或接不通电路，要更换停止按钮。也可测起动按钮在按下后能否可靠接通电路，若不能，要更换起动按

钮 SB1。

6）断开电源，用万用表电阻挡测热继电器 FR 常闭触头，若已断开应进一步检查是电动机过载使热继电器动作，还是热继电器本身触头接触不良。还有一种情况是热继电器主电路电线与热继电器接线不紧，连接螺钉发热，引起热继电器误动作，要根据具体情况找出使热继电器动作的原因，再作具体处理。

7）用手转动一下电动机对轮或带轮，若卡死或负载太重，要找出机械负载过重的原因，并加以解决。要注意电动机轴承是否损坏，若损坏要更换。

8）细心观察电磁起动器的主电路与控制电路各个触头有无烧断、折断、线头脱落连接不好处，如查出损坏点或断线点要重新按原电路连接好。

9）用 500V 绝缘电阻表测电动机绕组，若电动机绕组对电动机外壳短路，以及线圈烧毁，要更换为同型号的电动机或重新绕制电动机线圈。

2. 电磁起动器更换熔体后熔断器仍接不通电路

（1）故障可能原因

1）熔断器盖未旋紧到底。

2）熔断器底座两头有主线烧断。

3）熔体与熔断器盖底部接触不良。

（2）检修方法与技巧

1）重新旋紧熔断器盖，如果熔断器盖与熔断器底座不配套，不易使熔断器盖旋进去，要更换合适的熔断器

盖。

2）检查熔断器两端的主电源触头，若发现某相烧断，要断开电源重新连接。

3）检查熔断器盖内铜片是否有太多灰尘使熔体与盖旋入螺口之间不能导电，要清除灰尘。再检查盖底处如铜皮是否烧坏，若盖底烧坏也要更换熔断器盖。

3. 电磁起动器按钮按下时，电动机能转动，松开按钮电动机却立即停止运行

（1）故障可能原因

1）接触器自锁触头接触不良。

2）控制电路自锁触头引入按钮的导线断线。

（2）检修方法与技巧

1）检查接触器自锁触头动、静触头之间是否有杂物或尘土太多，如有，要清除。如接触不好，也可再并接另一组接触器常开辅助触头。

2）检查接触器自锁触头引入按钮的那根连接导线，若断线，要重新接好。

4. 按钮未操作，一旦通电，电动机立即运转

（1）故障可能原因

1）起动按钮绝缘损坏或三根控制导线短路。

2）控制电路接线错误。

3）接触器自锁触头两端短路。

（2）检修方法与技巧

1）更换起动按钮。

2）对照电路图重新连接控制电路。

3）把接触器原来的自锁触头线头两端取下，并接到该接触器两侧的另一组常开触头上。

5. 当按下停止按钮后电动机不停或等很长时间才能停下

（1）故障可能原因

1）接触器主触头发生熔焊。

2）接触器动作机构不灵活。

3）停止按钮绝缘损坏短路。

4）接触器释放慢。

（2）检修方法与技巧

1）断开电源开关，打开接触器灭弧罩，把熔焊触头用螺钉旋具分开，并更换损坏严重的动、静触头。

2）检查接触器动作机构，若不灵活，要更换合格的接触器。

3）检查停止按钮，若发现潮湿或绝缘损坏要更换按钮 SB2。

4）接触器还能释放，但速度很慢时，要打开接触器后盖，取出线圈或一半铁心，用棉布把接触器铁心吸合面擦净，重新装配好即可使用。对超过 60A 的交流接触器可不用拆接触器，直接对接触器两吸合面的油污进行擦磨。

6. 接触器工作时，接触器吸合噪声过大

（1）故障可能原因

1）接触器两衔铁面生锈严重。

2）接触器两衔铁面有杂物。

3）40A 以上的接触器动作机构螺钉螺杆松动。

4）接触器衔铁短路环损坏和脱落。

（2）检修方法与技巧

1）对于长期在潮湿环境中未使用、现需使用的接触器，要做烘干处理，并拆开接触器后盖，取出线圈或一半铁心，用棉布把生锈处擦光，然后重新装配，对 60A 以上的接触器可直接擦磨。

2）清除接触器衔铁吸合面的杂物。

3）对 60A 以上的接触器要紧固螺钉和操作机构螺杆。

4）重新安装接触器衔铁上的短路环。

5.1.2　电动机点动、正反转控制电路故障检修

5.1.2.1　电动机点动、正反转控制电路及工作原理

电动机点动、正反转控制电路如图 5-2 所示。

当按下点动按钮 SB3 时，KM1 线圈得电，电动机正转，同时按钮又断开了与 KM1 的自锁触头串联的 SB3 常闭触头，当松开按钮 SB3 时，接触器 KM1 失电断开，电动机停转。如需长期使电动机运行，可按按钮 SB1，此时接触器 KM1 得电吸合，KM1 自锁触头自锁，松开按钮 SB1 后电动机继续运转。在按下按钮 SB1 时，按钮 SB1 的另一组常闭触头断开，这时即使按下 SB4 反转按钮，KM2 也不会得电吸合，从而组成按钮联锁机构。另外，KM1

的一组常闭触头串联于 KM2 线圈回路中，接触器 KM2 的一组常闭触头又串联于 KM1 的线圈回路中，组成了接触器联锁机构。

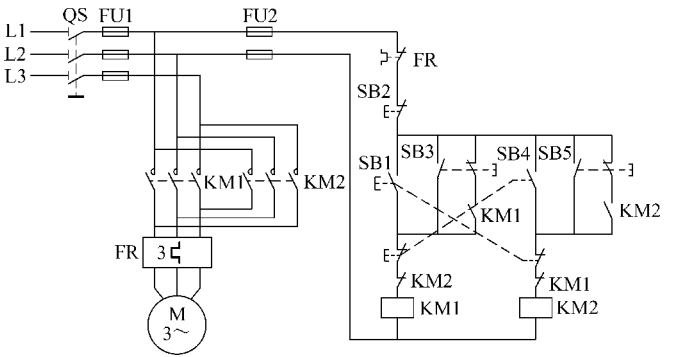


图 5-2　电动机点动、正反转控制电路

5. 1. 2. 2　电动机点动、正反转控制电路故障原因及检修方法与技巧

1. 操作正反转按钮电动机不起动

（1）故障可能原因

1）电源开关 QS 闭合不好或电源无电压。

2）熔断器 FU1 或 FU2 熔断数相。

3）热继电器 FR 动作或常闭触头接触不良。

4）停止按钮闭合不好。

5）电动机负载卡死或电动机线圈烧坏。

（2）检修方法与技巧

1）用低压验电笔测 QS 上桩头有无电压，若无电压应向电路查找原因。若有电压，把 QS 合上，测下桩头；若某相无电压，要断开电源开关进行检修，使电源开关在合上后能可靠接通某一相电路。

2）用低压验电笔测熔断器 FU1 和 FU2 是否熔断数相。若熔断，要更换该熔断器。

3）用低压验电笔测热继电器动作触头，若测得两边触头接线螺钉有一侧亮度正常，一侧亮度较弱，说明热继电器常闭触头动作或接触不良，要从根本上找出动作原因：若热继电器超过额定电流值动作，要检修电动机或电动机机械故障；若是热继电器触头接触不良，要更换热继电器。如果热继电器触头正常，还需检查一下热继电器主电路串接导线两端是否断路。有时，由于负载电流过大或短路，很容易把热继电器主电路中间内部烧断，可用万用表电阻挡测电路是否各相通路，若不通，要更换热继电器。

4）用万用表电阻挡测停止按钮常闭触头，若接触不良，要更换按钮。

5）用手转一下电动机带轮，若不能转动，要检修机械或电动机轴承，若负载正常，可用 500V 绝缘电阻表测电动机线圈；线圈绝缘损坏时，要更换电动机线圈。

2. 操作电动机只能正转而不能反转

（1）故障可能原因

1）按钮 SB4 按下后，常闭触头断不开 KM1 线圈回路

或常开触头接不通 KM2 线圈回路，点动按钮 SB5 常开及常闭触头接触不良。

2）正转按钮 SB1 常闭触头闭合不好。

3）接触器 KM2 线圈烧断或机械动作机构卡住。

4）接触器 KM2 主触头闭合不好。

5）与接触器 KM2 线圈串接的 KM1 互锁常闭触头闭合不好。

6）接触器 KM2 自锁触头接触不良。

（2）检修方法与技巧

1）断开电源开关，用万用表电阻挡测按钮 SB4 常闭触头在通常情况下是否闭合可靠，若不可靠则要更换按钮；如正常，要测按钮在按下后常开触头是否能可靠接通电路，若不能，则需更换按钮。同时，可测试按钮 SB5 常开触头与常闭触头是否损坏，若损坏须更换按钮。

2）用万用表电阻挡在断开电源情况下，测按钮 SB1 常闭触头是否在通常情况下能可靠闭合，如不能可靠闭合，要更换按钮。

3）用万用表电阻挡测 KM2 线圈是否断线，若断线，要更换线圈；如果线圈正常，则要检查接触器动作机构是否灵活，若不灵活，要更换接触器。

4）打开接触器 KM2 灭弧罩，检查动、静主触头，若接触不良或烧断，要更换动、静主触头。

5）用万用表电阻挡在断开电源情况下，对接触器 KM2 线圈所串接的 KM1 互锁常闭触头进行测量，若接触

器 KM1 在常规释放情况下，互锁触头 KM1 接不通电路，可再并接另一组 KM1 常闭辅助触头。

6）检查接触器 KM2 的常开辅助自锁触头，若触头上有异物或触头变形接触不良，要清擦自锁触头，也可再并接另一组 KM2 常开辅助触头来解决接触不良问题。

3. 操作电动机只能反转而不能正转

（1）故障可能原因

1）按钮 SB1 按下后常开触头接触不良或常闭触头断不开 KM2 线圈回路，点动按钮常开触头或常闭触头损坏。

2）反转按钮 SB4 常闭触头闭合不好。

3）接触器 KM1 线圈损坏或机械动作机构不灵活。

4）接触器 KM1 主触头烧坏。

5）接触器 KM1 所串接的 KM2 互锁常闭触头闭合不好。

6）接触器 KM1 自锁触头接触不良。

（2）检修方法与技巧

1）断开电源开关，用万用表电阻挡测 SB1 和 SB3 常开触头，在按下后是否能可靠接通电路，若不能，则要更换该损坏按钮。再测按钮 SB1 和 SB3 常闭触头在通常情况下能否可靠闭合，若接触不良也需要更换按钮。

2）用万用表测反转按钮 SB4 常闭触头是否闭合不好，接不通电路，若按钮损坏，要更换 SB4。

3）首先用万用表电阻挡单独测接触器 KM1 线圈，若有断路或短路，要更换 KM1 线圈。若线圈电阻正常，应

检查接触器动作机构是否灵活可靠，可人为地做吸合释放动作，观察动作情况，若不灵活，要更换接触器。

4）打开接触器 KM1 灭弧罩，观察接触器主触头接触情况，若主触头烧坏或接触不良，要更换接触器动、静主触头。

5）断开电源开关，用万用表电阻挡测 KM1 线圈所串接的 KM2 互锁触头是否接触可靠，若测得接触不良，可再并接另一组 KM2 常闭辅助触头。

6）检查 KM1 自锁触头在接触器吸合后有无接触不良现象，若接触不良首先要修整打磨辅助自锁触头；若效果不大，也可再并接接触器的另一组常开辅助触头。

4. 操作点动按钮后能起动电动机，但松开按钮后电动机却不能自停

（1）故障可能原因

1）操作点动按钮 SB3 或 SB5 时，松开按钮速度过快。

2）接触器 KM1 或 KM2 释放慢。

（2）检修方法与技巧

1）操作点动按钮 SB3 或 SB5，在电动机起动后又需停车时，要慢慢松开，才能起到点动的效果。如果松开按钮速度过快，在松开按钮的瞬间，虽说已把按钮常闭触头断开，但由于接触器还未来得及释放，这时接触器的自锁触头还继续导通，如果按钮常闭触头一旦过快闭合，将会使接触器通过点动按钮 SB3 或 SB5 的常闭触头与接触器

自锁触头连接导通，从而再一次保证接触器继续维持吸合。因此，操作点动按钮松开速度要放慢些。

2）接触器释放较慢时，会使点动按钮常闭触头在松开按钮后继续导通电路，使接触器继续保持吸合，因此要对接触器 KM1 或 KM2 衔铁面用棉布擦光磨平，然后重新装配好。

5.1.3　电动机丫－Δ减压起动控制电路故障检修

5.1.3.1　电动机丫－Δ减压起动控制电路及工作原理

电动机丫－Δ减压起动控制电路如图 5-3 所示。

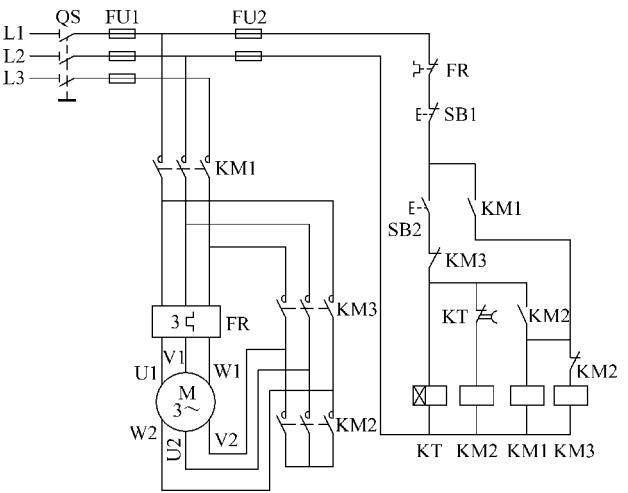


图 5-3　电动机丫－Δ减压起动控制电路

先合上电源开关 QS，按下起动按钮 SB2，KM2、KT 线圈获电，KM2 常开触头闭合，使接触器 KM1 线圈获电，KM1 和 KM2 主触头闭合，电动机接成星形减压起动。随着电动机转速的升高，起动电流下降，这时时间继电器 KT 延时动断触头断开，使 KM2 线圈断电，KM3 线圈获电，KM3 主触头闭合，电动机接成三角形正常运行，这时时间继电器 KT 线圈也断电释放。

5.1.3.2　电动机Y－Δ减压起动控制电路常见故障及检修方法（见表 5-1）。

表 5-1　电动机Y－Δ减压起动控制电路的常见故障及检修方法

故障现象	原 因	检修方法
电动机不能起动	1．控制电路熔断器熔断 2．热继电器动作后未复位 3．按钮接触不良或损坏 4．时间继电器损坏 5．接触器损坏 6．电动机本身故障	1．更换熔断器 2．检查热继电器，并检查过载原因 3．检修按钮 SB1 或 SB2，必要时更换 4．检修时间继电器，必要时更换 5．检修接触器，必要时更换 6．检修电动机
电动机起动正常，但不能换接成三角形运转	1．接触器 KM2 损坏 2．时间继电器 KT 的延时触头损坏	1．检修或更换接触器 2．检修触头，必要时更换时间继电器

（续）

故障现象	原 因	检修方法
Y－Δ转换过程中有飞弧短路现象	1. 接触器 KM1 主触头粘连 2. 时间继电器整定时间短 3. 接触器 KM3 的额定电流小	1. 检修或更换接触器 2. 合理整定延时值 3. 更换接触器 KM3，与 KM1、KM2 电流等级一样

5.2　C650 型卧式车床控制电路

C650 型卧式车床共有三台电动机。组合开关 QS 将三相电源引入，FU1 为主电动机 M1 的短路保护用熔断器，FR1 为电动机 M1 过载保护用热继电器。R 为限流电阻，防止在点动时连续的起动电流造成电动机的过载。通过互感器 TA 接入电流表 A 以监视主电动机绕组的电流，用时间继电器 KT 控制电流表 A 躲过电动机起动电流，只检测电动机正常工作电流；主轴电动机 M1 由接触器 KM3、KM4、KM 控制，可以正、反转控制，也可以点动控制，还可以双向反接制动控制。熔断器 FU2 为电动机 M2、M3 和电源变压器 TC 的短路保护，KM1 为冷却泵电动机 M2 起动用接触器；FR2 为电动机 M2 的过载保护；KM2 为快速移动电动机 M3 的起动用接触器；因为快速移动电动机 M3 短时工作，所以不设过载保护。

C650 型卧式车床控制电路如图 5-4 所示。

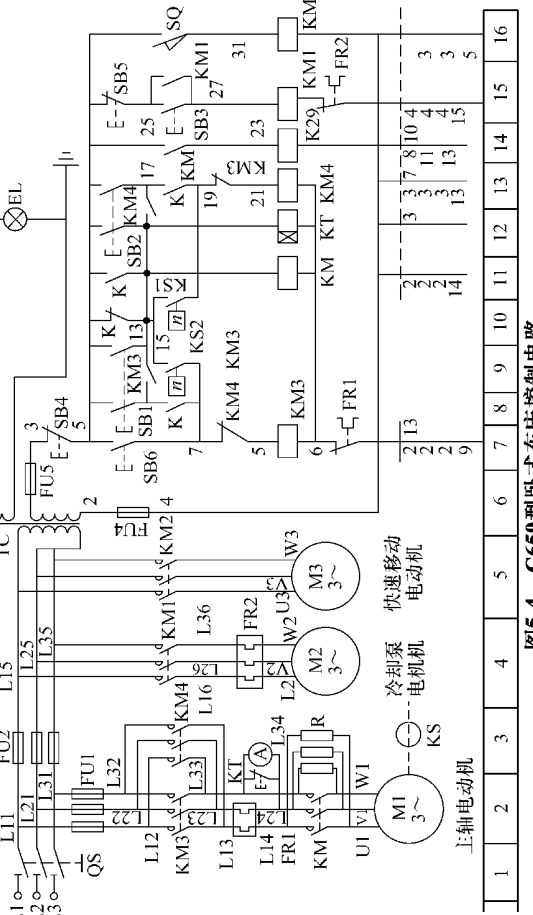


图5-4　C650型卧式车床控制电路

冷却泵电动机 M2 由接触器 KM1 控制。当按下冷却泵电动机 M2 的起动按钮 SB3 时，接触器 KM1 闭合，冷却泵电动机 M2 起动运转；当按下冷却泵电动机 M2 的停止按钮 SB5 时，冷却泵电动机 M2 停转。快速移动电动机 M3 由行程开关 SQ 点动控制。

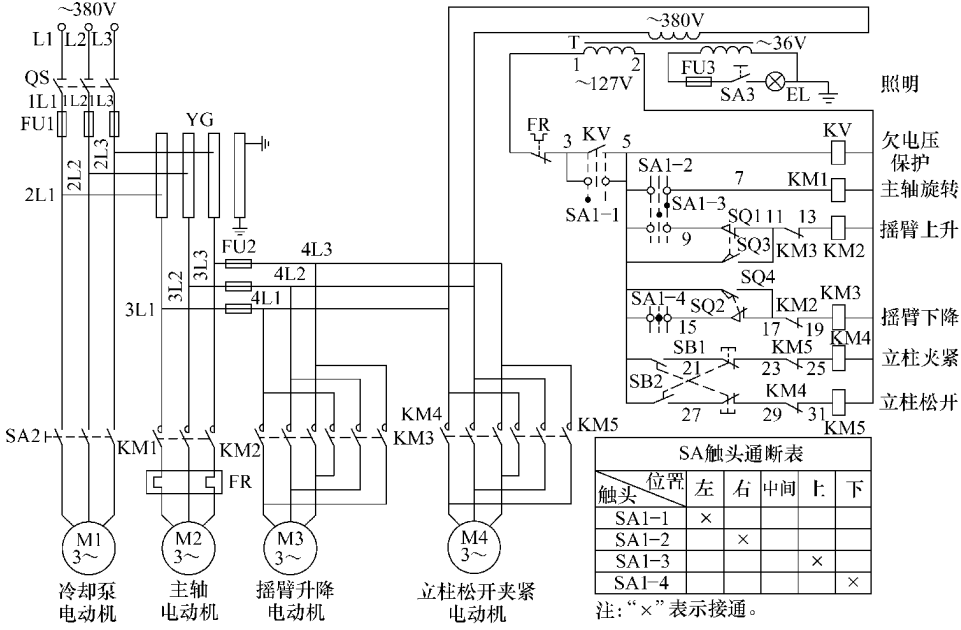
5.3　Z35 型摇臂钻床电气故障检修

5.3.1　Z35 型摇臂钻床的电气控制电路及工作原理

Z35 型摇臂钻床的电气控制电路主要由主电路、控制电路以及照明电路等组成，如图 5-5 所示。主电路主要有四台电动机，其中主轴电动机 M2 由接触器 KM1 控制单方向开停工作。电动机 M3 是摇臂升降电动机，由接触器 KM2 和 KM3 进行换相，控制电动机正反转运转。M4 为立柱松开夹紧电动机，是用接触器 KM4 和 KM5 实现正反转运转，用来操纵控制主轴的夹紧与松开，M1 是为了在工作时给切削工件输送冷却液所用的冷却泵电动机，它由开关 SA2 来控制。

当生产需要加工工件时，操纵十字转换开关 SA1 扳向左边位置，触头 SA1－1 闭合，零电压继电器 KV 线圈得电动作，其常开触头闭合自锁，然后再将十字转换开关扳向右边位置，触头 SA1－2 接通接触器 KM1 线圈，从而使主轴电动机 M2 通电工作运转，其主轴方向由主轴箱上的摩擦离合器手柄位置来决定正反方向。如果将十字转换开关 SA1 手柄拨向中间位置时，接触器 KM1 线圈断

电，主



SA触头通断表

触头 \ 位置	左	右	中间	上	下
SA1-1	×				
SA1-2		×			
SA1-3				×	
SA1-4					×

注:“×”表示接通。

图5-5 Z35型摇臂钻床的电气控制电路

轴停转。摇臂升降也同样由十字转换开关来完成，SA1 位置向上时，触头 SA1-3 闭合，接触器 KM2 得电吸合，M3 正向运转，摇臂上升，但升到一定程度时，由限位开关 SQ1 来限位，停止上升。当需摇臂下降时，拨动 SA1 向下，触头 SA1-4 接通，接触器 KM3 线圈得电，从而使摇臂下降，当下降到极限值时由行程开关 SQ2 限位停止运行。主轴夹紧与松开由复合按钮 SB1 和 SB2 来完成，按下 SB2 时主轴松开，如果只按下 SB1 时，主轴夹紧，当松开按钮后，立柱松开夹紧电动机 M4 停止工作。如在工作时向工件上送冷却液，操作冷却泵开关 SA2 即可控制冷却泵 M1 开停。

Z35 型摇臂钻床的外形如图 5-6 所示。

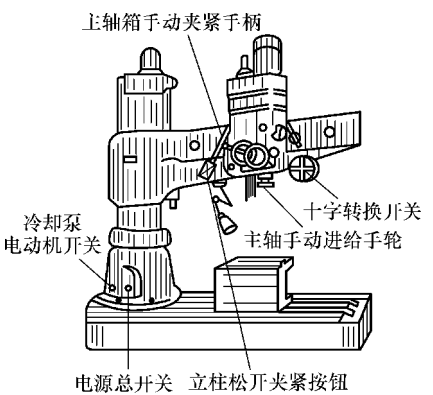


图 5-6　Z35 型摇臂钻床的外形

5.3.2　Z35 型摇臂钻床的常见电气故障及检修方法

1. 摇臂钻床主轴电动机操作后不能起动

（1）故障可能原因

1）电源电压过低。

2）熔断器 FU1 或 FU2 接触不良或熔断数相。

3）开关 SA1 接触不良。

4）热继电器 FR 动作或接触不良。

5）接触器 KM1 线圈断线或线圈烧毁。

6）接触器主触头闭合不好。

7）主轴电动机 M2 机械卡死。

8）主电路有烧断处或线头脱落。

9）主轴电动机 M2 线圈烧毁。

（2）检修方法与技巧

1）用万用表测钻床电源开关 QS 上桩头电压是否为 380V，若电压太低，应向电路查找原因，并对应解决。

2）用低压验电笔测熔断器 FU1 和 FU2 下桩头，检查出熔断的熔断器，并更换为同型号的熔断器；若是接触不良，要重新处理接线，压紧各接线头。

3）用万用表在断开电源的情况下测开关 SA1 操作后能否可靠闭合，若不能，应更换。

4）用万用表电阻挡测热继电器 FR 常闭触头，若闭合不好，要更换；若是热继电器动作，要查主轴电动机是否过载，找出过载原因，并加以处理，再把热继电器

复位。

5）用万用表测接触器 KM1 线圈电阻，观察是否断线或匝间短路，若测出线圈损坏，则要更换接触器 KM1 线圈或更换接触器。

6）断开钻床电源开关，打开接触器 KM1 灭弧罩，检查主触头闭合接触情况，若接触器主触头接触不好，要更换接触器动、静主触头。

7）用手转动一下摇臂钻床钻头夹，若转不动，应检查是电动机轴承损坏卡死，还是机械传动部位有卡死不灵活现象，找出具体原因并加以修复，使电动机转动灵活为止。

8）打开摇臂钻床电气箱盖，认真检查各个线头有无烧断或脱落处，查出断线处，应接好连接线。

9）用 500V 绝缘电阻表测主轴电动机 M2 线圈是否烧坏，若电动机线圈烧毁通地，则要更换电动机线圈。

2. 摇臂升降电动机在接通电源后不工作

（1）故障可能原因

1）开关 SA1 损坏接不通电路。

2）行程开关 SQ1 或 SQ3 损坏。

3）接触器 KM2 或 KM3 线圈断线或机械卡死。

4）接触器 KM2 或 KM3 互锁触头接触不良。

5）摇臂升降电动机 M3 线圈烧坏或机械卡死不能转动。

（2）检修方法与技巧

1）用万用表电阻挡检查十字转换开关 SA1 触头，若电路不通，应更换十字转换开关。

2）打开行程开关 SQ1 或 SQ3 盖，在断开电源的情况下，人为地触击触头动作头柄，如触击后动作触头不动作，说明该行程开关损坏，应予更换。

3）用万用表电阻挡测接触器 KM2 和 KM3 线圈有无断线或短路，若有断线或线圈匝间短路，要更换线圈或接触器。如线圈正常，应检查接触器动作机构，若有卡死，也需要更换接触器。

4）用万用表在断开电源开关的情况下，测两接触器 KM2 和 KM3 的互锁触头，若哪个不能闭合，应查该接触器是否复位不好或机构卡死，应进行对应处理或把 KM2 或 KM3 互锁触头再并接一组同类互锁触头。

5）用手转动一下电动机 M3 风叶，检查是否卡死。若卡死时要查清是电动机轴承损坏还是机械原因造成，若是电动机轴承损坏，要更换轴承；若是机械故障，应修理机械部分。

3. 摇臂上升或下降后不能完全夹紧

（1）故障可能原因

行程开关 SQ3 常开触头过早分断。

（2）检修方法

重新调整行程开关，使夹紧后正好把常开触头分开。

4. 摇臂升降电动机正反转重复不停

（1）故障可能原因

行程开关 SQ3 常开触头不能及时分断。

（2）检修方法

调整好行程开关。

5. 立柱松开夹紧电动机不能起动运行

（1）故障可能原因

1）按钮 SB1 或 SB2 按下后接触不上。

2）接触器 KM4 或 KM5 线圈断线或烧毁。

3）接触器 KM4 或 KM5 的互锁触头闭合不好。

4）接触器 KM4 或 KM5 主触头烧毛而接触不良。

5）主柱松开夹紧电动机 M4 的线圈烧毁或机械卡死。

（2）检修方法与技巧

1）在断开电源开关的情况下，用万用表测按钮 SB1 或 SB2 在按下后能否可靠闭合与断开，若接不通或断不开，应更换该按钮。

2）用万用表电阻挡在断开电源的情况下，测接触器 KM4 和 KM5 线圈是否断路或匝间短路，若某线圈不通或损坏，应更换该线圈或更换整个接触器。如果线圈正常，还需打开接触器 KM4 或 KM5 灭弧罩，检查动作机构以及主触头，若损坏，要更换触头或整个接触器。

3）用万用表电阻挡测接触器 KM4 或 KM5 互锁触头

是否闭合可靠，若某个闭合不好，可再并接该接触器的另一组互锁触头。

4）打开接触器，检查接触器触头是否烧毛或接触不良，如烧坏要更换动、静触头。

5）用 500V 绝缘电阻表测 M4 线圈，若接地烧毁，要更换电动机线圈。如果正常，检查一下电动机轴承以及机械方面有无卡死现象，若有，要对应解决。

6. 冷却泵电动机操作后不能起动

（1）故障可能原因

1）开关 SA2 接触不良。

2）电动机 M1 线圈烧毁。

（2）检修方法与技巧

1）打开开关 SA2，修理各接触点，使其三相接触点在闭合后接触良好。

2）用 500V 绝缘电阻表测电动机 M1 线圈绝缘情况，若线圈对地短路或三相绕组烧断一相或两相，要更换电动机线圈。

7. 钻床低压照明灯不亮

（1）故障可能原因

1）变压器 36V 线圈断线。

2）熔断器 FU3 熔断或接触不良。

3）开关 SA3 闭合不好。

4）低压灯头线头脱落或有断线处。

5）灯头与灯泡接触不好。

6）低压灯泡烧坏。

（2）检修方法与技巧

1）用万用表交流电压挡测变压器 T 二次侧 36V 交流电压，若无电压，应检查是否引出线松脱或烧断，引出线断线，要重新把线头拉出，并接紧压好连接线。

2）检查熔断器 FU3 是否熔断，熔断时要更换为同规格的熔断器；检查一下低压照明电路有无短路现象，若电线短路，要重新分开连接好再通电工作。

3）用万用表电阻挡在断开钻床熔断器 FU3 后，测量开关 SA3，看其能否可靠闭合、断开，若不能，应更换开关 SA3。

4）检查低压灯头连接线有无松脱烧断，电线连接线有无断线处，若有，要重新接好。

5）把灯泡取下，用电笔尖把灯头舌头向外勾出些，使灯头与灯泡接触良好。

6）灯泡断丝要更换，若一时看不出可用万用表电阻挡单独测低压灯泡电阻，若断路，要更换灯泡。

5.4　CW6163B 型车床控制电路

1. 主电路组成

主电路的组成部分有主轴电动机 M1，它带动主轴旋转和刀架作进给运动；接触器主触头 KM1，控制主轴电动机 M1 的接通与断开；断路器 QF 作短路保护；热继电器 FR1 作过载保护；冷却泵电动机 M2，它为车削工

件时输送切削液；热继电器 FR2 作 M2 的过载保护，接触器 KM2 控制 M2 的起停；M3 为快速进刀、退刀电动机。

2. 电路工作原理（控制电路）

控制电路由一台 380/110V 变压器 TC 供电，熔断器 FU2 作控制电路的短路保护。主轴电动机 M1 采用两地控制。按下起动按钮 SB3 或 SB4，电流由变压器二次侧→熔断器 FU2→FR1 触头→SB1 常闭触头→SB2 常闭触头→SB3 常开触头→KM1 线圈→变压器二次侧形成闭合回路，接触器 KM1 线圈得电吸合，KM1 主触头和自锁触头同时闭合，M1 通电起动。停止时，按下按钮 SB1 或 SB2，KM1 线圈断电，切断了 KM1 的控制电路，则电动机 M1、M2 主触头断电停机。

由于控制接触器 KM2 接于接触器 KM1 的自锁触头之后，只有 M1 先起动后，M2 才能通电起动。

快速移动电动机 M3 由点动按钮 SB7 和接触器 KM3 控制，实现机床的快速移动。

3. 照明辅助电路

照明灯 EL 由变压器的 24V 绕组供电，由开关 S1 控制。信号灯 HL 由变压器的 6V 绕组供电。

CW6163B 型车床控制电路如图 5-7 所示。

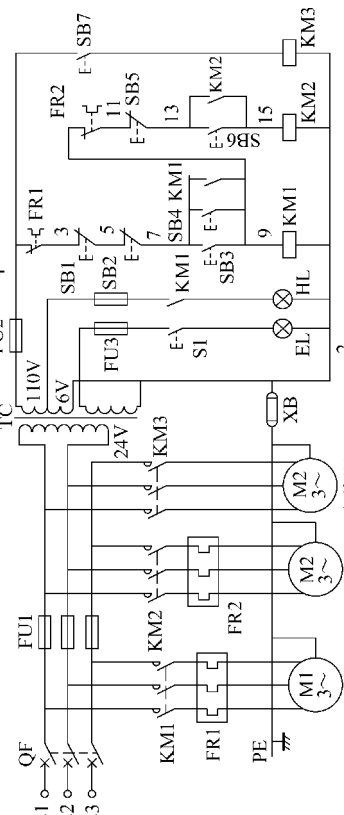


图5-7　CW6163B型车床控制电路

5.5　数控机床控制系统的常见电气故障及检修方法（见表 5-2）

表 5-2　数控机床控制系统的常见电气故障及检修方法

故障现象	可能原因	检修方法
在执行换刀指令时系统不动作。CRT（阴极射线管）显示器显示报警信号	换刀系统机械臂位置检测开关信号为“0”及“刀库换刀位置错误”。通过测试 PLC 的输入信号和输出动作都正常，确定是操作不当。经观察，两次换刀的时间间隔小于规定值	修改设定值
CRT 无显示	1．检查 CRT 接线和接插件后，如果有显示 2．检查 CRT 接线和接插件后，如果仍无显示，则检查其输入。若有视频信号，再检查 +24V 电源，如电源有问题 3．检查 CRT 接线和接插件后，如果仍无显示，则检查其输入。若有视频信号，再检查 +24V 电源，如电源正常 4．检查 CRT 接线和接插件后，如果仍无显示，则检查其输入。若无视频信号，则更换 CRT 控制板。换板后，如果有显示 5．检查 CRT 接线和接插件后，如果仍无显示，则检查其输入。若无视频信号，则更换 CRT 控制板。换板后，如果仍无显示	1．接触不良 2．检修 +24V 电源 3．CRT 单元故障 4．CRT 控制板坏 5．主板故障

（续）

故障现象	可能原因	检修方法
纸带机不能正常输入信息	1. “纸带”方式设定有误 2. 纸带机供电异常 3. 纸带损坏或装反	1. 检查更正或重新设定 2. 检查并接好电源 3. 修复后重新安装
步进电动机失步	升降频曲线不合适，或速度设置过高	修改升降频曲线，降低速度
车螺纹乱牙	I_0 脉冲无输入或 I_0 接反	检查 I_0 信号接法
显示时有时无或抖动、漂移	由于变频器干扰引起	检查系统接地是否良好，是否采用屏蔽线
加工零件的尺寸不对	1. 自动回零功能不正常 2. 自动回零功能正常，但直线插补功能不正常 3. 自动回零功能正常，直线插补功能正常，但圆弧插补功能不正常 4. 自动回零功能正常，直线插补功能正常，圆弧插补功能正常，但刀补功能不正常 5. 自动回零功能正常，直线插补功能正常，圆弧插补功能正常，刀补功能正常，但自动换刀功能不正常 6. 自动回零功能正常，直线插补功能正常，圆弧插补功能正常，刀补功能正常，自动换刀功能正常，但回零循环功能不正常	1. 自动回原点功能障碍 2. 直线插补功能障碍 3. 圆弧插补功能障碍 4. 刀补功能障碍 5. 自动换刀功能障碍 6. 回零循环功能障碍

（续）

故障现象	可能原因	检修方法
某数控铣床纵向拖板反向进给失常	1．将插头 XF 与 X1 、XH 与 XL 同时交换后，如果纵向拖板进给正常 2．将插头 XF 与 X1 、XH 与 XL 同时交换后，如果纵向拖板进给不正常，则将 XH 与 XL 复原，YM 与 XM 交换接线后，如果纵向拖板进给不正常 3．将插头 XF 与 X1 、XH 与 XL 同时交换后，如果纵向拖板进给不正常，则将 XH 与 XL 复原，YM 与 XM 交换接线后，如果纵向拖板进给正常	1．故障转移至横拖板，位置板等控制部分故障 2．Y 轴电动机组件或机械故障 3．故障转移至横拖板，Y 轴速度单元损坏
电池报警	电池电压低于允许值	更换电池
CRT 无扫描，不亮	1．交流供电电源异常 2．熔断器烧毁 3．显像管灯丝不亮 4．±12V 或 ±5V 直流电源异常	1．恢复供电 2．更换熔断器 3．确认无误后，更换 CRT 4．更换开关电源
CRT 无图像，但其他工作正常	显示部分损坏	更换 CRT 控制板

（续）

故障现象	可能原因	检修方法
断路器跳闸	1. 断开电源开关，按复位开关，再合电源。如果断路器不再跳闸	1. 无故障，继续工作
	2. 断开电源开关，按复位开关，再合电源。如果断路器还跳闸，则检查速度控制板二极管模块。如果损坏短路	2. 更换二极管模块
	3. 关断电源，按复位开关，再合电源。如果断路器还跳闸，则检查速度控制板二极管模块。如果正常，则检查与之相关的电解电容器。如果损坏短路	3. 更换电解电容器
	4. 关断电源，按复位开关，再合电源。如果断路器还跳闸，则检查速度控制板二极管模块。如果正常，则检查与之相关的电解电容器。如果没有漏电或短路，则跳过断路器接通电源，如果系统工作正常	4. 更换断路器
	5. 关断电源，按复位开关，再合电源。如果断路器还跳闸，则检查速度控制板二极管模块。如果正常，则检查与之相关的电解电容器。如果没有漏电或短路，则跳过断路器接通电源，如果系统工作仍不正常	5. 伺服单元故障

（续）

故障现象	可能原因	检修方法
显示 NOT READY	1. 有报警信号 2. 存储器工作不正常	1. 按报警信号处理 2. 将存储器初始化，再输入系统参数
CRT 有显示，但不能执行 JOG 操作	1. 主机板报警 2. 系统参数设定有误	1. 按报警信号处理 2. 检查更正或重新设定
CRT 只能显示位置画面	MDI 控制板故障	更换 MDI 控制板

第6章 照明装置的安装与检修

6.1 开关的安装

6.1.1 拉线开关的安装

拉线开关的安装如图6-1所示。安装时，应先在绝缘的方（或圆）木台上钻三个孔，穿进导线后，用一只木螺钉将木台固定在支承点上。然后拧下拉线开关盖，把两根导线头分别穿入开关底座的两个穿线孔内，用两只木螺钉，将开关底座固定在绝缘木台（或塑料台）上，把导线分别接到接线桩上，然后拧上开关盖。明装拉线开关拉线口应垂直向下不使拉线和开关底座发生摩擦，防止拉线磨损断裂。

6.1.2 暗扳把式开关的安装

暗扳把式开关必须安装在铁皮开关盒内，铁皮开关盒如图6-2a所示。开关接线时，将来自电源的一根相线接到开关静触头接线桩上，将到灯具的一根线接在动触头接线桩上，如图6-2b所示。在接线时应接成扳把向上时开灯，向下关灯。然后把开关芯连同支持架固定到预埋在墙

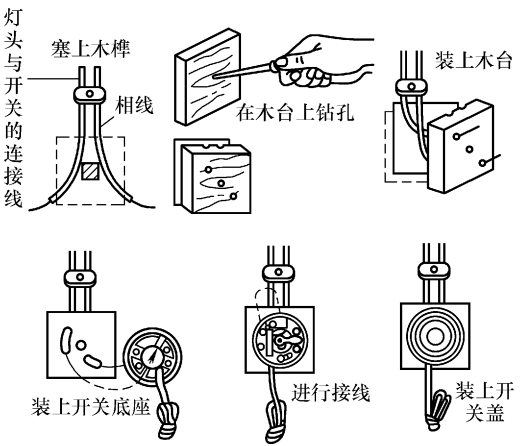


图 6-1　拉线开关的安装

内的接线盒上，开关的扳把必须放正，且不卡在盖板上，再盖好开关盖板，用螺钉将盖板固定牢固，盖板应紧贴建筑物表面。

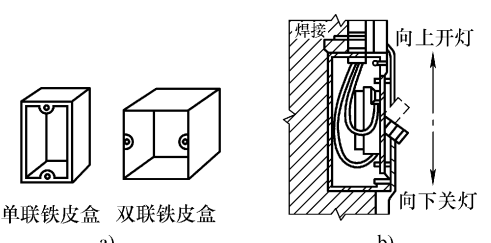


图 6-2　暗扳把式开关的安装

6.1.3　跷板式开关的安装

跷板式开关应与配套的开关盒进行安装。常用的跷板式塑料开关盒如图 6-3a 所示。开关接线时，应使开关切断相线，并应根据跷板式开关的跷板或面板上的标志确定面板的装置方向，即装成跷板下部按下时，开关处在合闸的位置，跷板上部按下时，开关应处在断开位置，如图 6-3b所示。

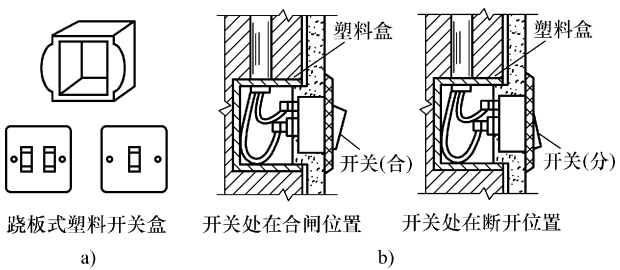


图 6-3　跷板式开关的安装

6.1.4　声光双控照明楼梯延时灯开关的安装

声光双控照明延时灯目前广泛用于楼梯、走廊照明，白天自动关闭，夜间有人走动时，其脚步声或谈话声可使电灯自动点亮，延时约 30s 电灯又会自行熄灭。该照明灯有两个显著特点：①电灯点亮时为软起动，点亮后为半波整流电源，可以大大延长灯泡的使用寿命；②自身灯光照射在开关的光敏电阻上不会发生自行关灯现象。一般的脚步声就能使电灯点亮发光。灯泡宜用 60W 及以下的白炽

灯泡。

声光双控照明楼梯延时灯开关一般安装在走廊的墙壁上或楼梯正面的墙壁上，要与所控制的电灯就近安装(见图 6-4)。安装时将开关固定到预埋在墙内的接线盒内，开关盖板应端正且紧贴墙面。该开关对外只有两根引出线，与要控制的电灯串联后接入 220V 交流电即可。

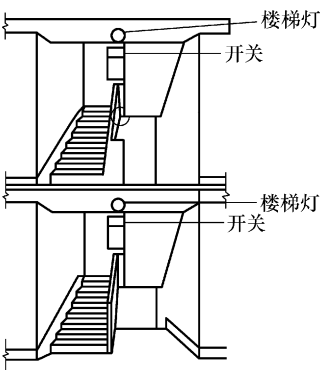


图 6-4　声光双控照明延时灯开关的安装位置

6.2　插座的安装

6.2.1　插座的接线

插座应正确接线，单相两孔插座为面对插座的右极接电源相线，左极接电源零线；单相三孔及三相四孔插座中保护接地（接零）极均应接在上方，如图 6-5 所示。

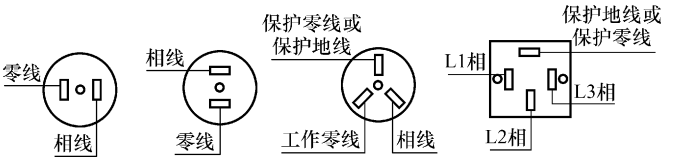


图 6-5　插座的接线方式

单相三孔插座较典型的错误接法如图 6-6 所示。图 6-6a的接法潜伏着不可忽视的危险性，如零线因外力断线或接头氧化、腐蚀、松脱等都会造成零线断路，导致出现图 6-6b 所示情况，此时负载回路中无电流，负载上无压降，家用电器的金属外壳上就带有 220V 对地电压，这就严重危及人身安全。另一种情况是当检修线路时，有可能将相线与零线接反，导致出现图 6-6c 所示情况，此时 220V 相电压直接通过接地（接零）插孔传到单相电器的金属外壳上，危及人身安全。

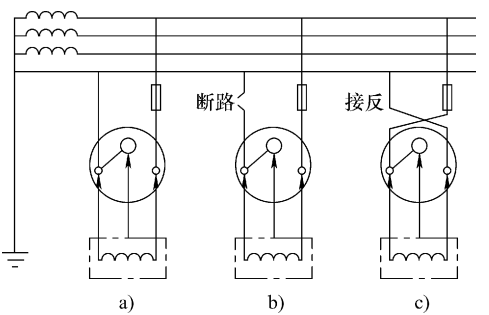
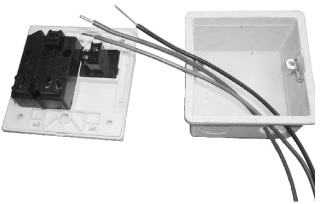


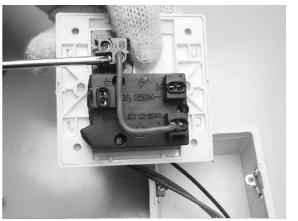
图 6-6　单相三孔插座的典型错误接法

6.2.2　插座的暗装（见表 6-1）

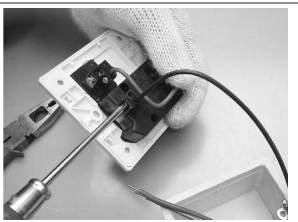
表 6-1　插座的暗装



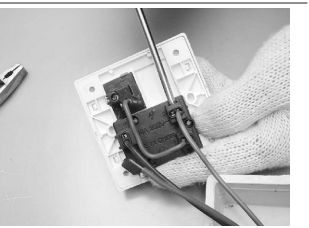
① 准备好暗装插座，将电源线及保护地线穿入暗装盒



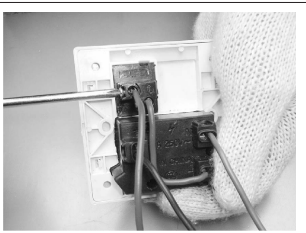
② 用螺丝刀将开关一相线连在插座的相线接线架上



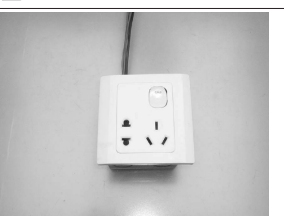
③ 将保护地线接在插座的接地（⏚）接线架上



④ 将零线接到插座的零线接线架上



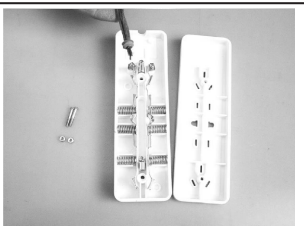
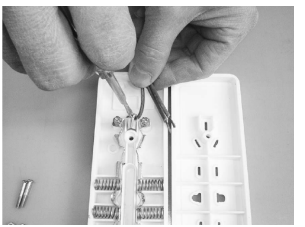
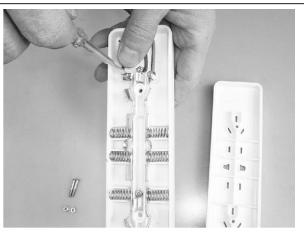
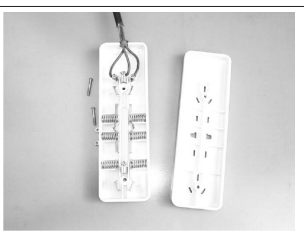
⑤ 将电源相线接到插座的相线接线架上



⑥ 接好后用钢丝钳对电线进行整形，将插座固定在暗装接线盒上，安装完毕

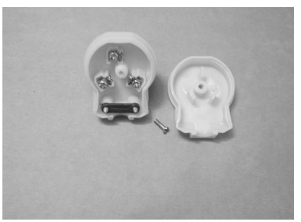
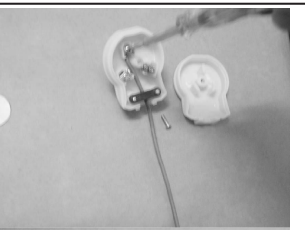
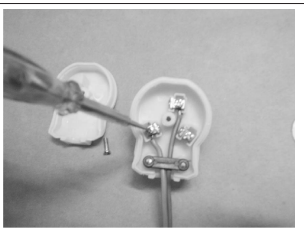
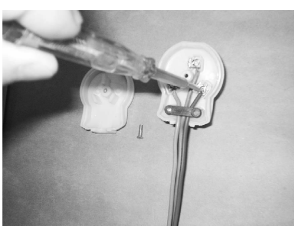
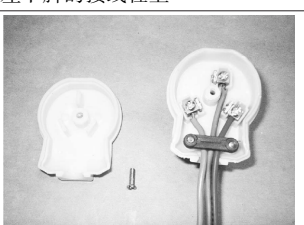
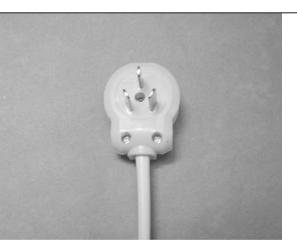
6.2.3　单相临时多孔插座的安装（见表 6-2）

表 6-2　单相临时多孔插座的安装

<table>
<tr><td> 
① 打开插座，将三芯电线穿入进线孔</td><td> 
② 接上保护地线</td></tr>
<tr><td> 
③ 接上零线</td><td> 
④ 接上相线</td></tr>
<tr><td> 
⑤ 相邻接线上的电线金属头要保持一定的距离，不允许有毛刺，以防短路</td><td> 
⑥ 盖上插座盖，旋上固定螺钉，安装完毕</td></tr>
</table>

6.2.4　三脚插头的安装（见表 6-3）

表 6-3　三脚插头的安装

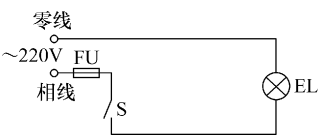
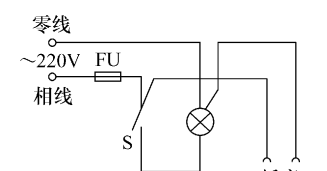
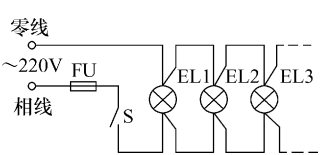
 ① 打开三脚插头	 ② 安装保护接地线
 ③ 剥好零线头，按“左零线右相线”的顺序将零线压接在左下脚的接线柱上	 ④ 将相线接在右下角的接线柱上
 ⑤ 拧紧固定三根线的紧固螺钉	 ⑥ 盖上插头后盖，旋上螺钉，插头安装完毕

6.3　白炽灯的安装与检修

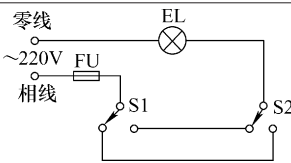
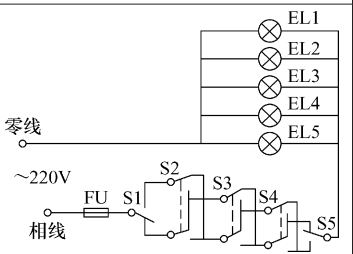
6.3.1　白炽灯的常用控制电路

白炽灯照明的基本电路由电源、导线、开关、电灯等组成，常用的基本电路见表6-4。

表6-4　白炽灯照明基本电路

名称	接线原理图	说　明
一只单联开关控制一盏灯		开关S应安装在相线上，开关以及灯头的功率不能小于所安装灯泡的额定功率，螺口灯头接线时，灯头中心应接相线
一只单联开关控制一盏灯并连接一只插座		这种安装方法外部连线可做到无接头。接线安装时，插座所连接的用电器功率应小于插座的额定功率，选用连接插座的电线所能通过的正常额定电流应大于用电器的最大工作电流
一只单联开关控制三盏灯（或多盏灯）		安装接线时，要注意所连接的所有灯泡总电流应小于开关允许通过的额定电流值

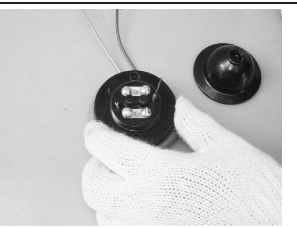
（续）

名称	接线原理图	说　明
用两只双联开关在两个地方控制一盏灯		这种方式用于两地需同时控制时，如楼梯、走廊中电灯，需在两地能同时控制等场合。安装时，需要使用两只双联开关
五层楼照明灯开关控制方法		用于方便地控制整座楼走廊的照明灯。例如上楼时开灯，到五楼再关灯，或从四楼下楼时开灯，到一楼再关灯

6.3.2　白炽灯的安装方法

1. 吊线盒的安装（见表 6-5）

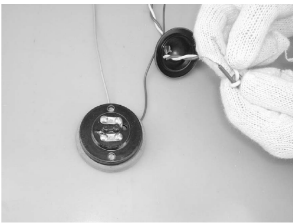
表 6-5　吊线盒的安装

	
① 准备好圆木与吊线盒，在圆木上钻孔后，将电源线以“左零线右相线”的顺序穿入圆木	② 装上吊线盒，电源线穿过吊线盒穿线孔，将吊线盒用木螺钉固定在圆木上

（续）



③ 将穿过吊线盒的电源相线、零线分别压接在接线螺钉上



④ 将灯头线穿过吊灯头盒后，对灯头吊线进行打结，以防止吊线盒接线受过大的拉力



⑤ 将灯头线的相线、零线分别压在吊线盒的接线架上，接线牢固，多股线头应拧在一起，不能有毛刺，以防短路



⑥ 旋上吊线盒盖，接线完成

2. 吊灯头的安装（见表 6-6）

表 6-6　吊灯头的安装



① 将电源交织线穿入螺口灯头盖内



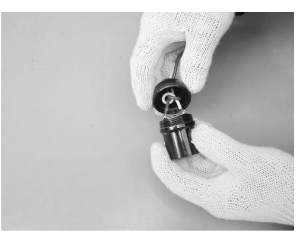
② 将交织线打一蝴蝶结



③ 将电源相线接在螺口灯头的中心弹簧连通的接线柱上



④ 将电源零线接在螺口灯头的另一接线柱上



⑤ 接好后检查线头有无松动。线与线中间有无毛刺



⑥ 检查接线合格后，装上螺口灯头盖和螺口灯泡

6.3.3　矮脚式电灯的安装

矮脚式电灯一般由灯头、灯罩、灯泡等组成，分卡口式和螺口式两种。

1. 卡口矮脚式电灯的安装

卡口矮脚式电灯的安装方法和步骤如图 6-7 所示。

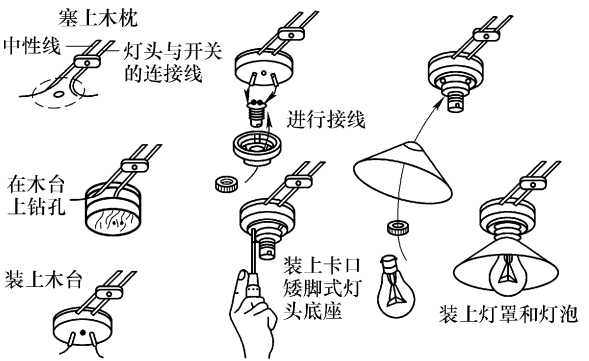


图 6-7　卡口矮脚式电灯的安装

第一步，在准备装卡口矮脚式电灯的地方居中塞上木枕。

第二步，对准灯头上的穿线孔的位置，在木台上钻两个穿线孔和一个螺钉孔。

第三步，把中性线线头和灯头与开关连接线的线头对准位置穿入木台的两个孔里，用螺钉把木台连同底板一起钉在木枕上。

第四步，把两个线头分别接到灯头的两个接线桩

头上。

第五步，用三枚螺钉把灯头底座装在木台上。

第六步，装上灯罩和灯泡。

2. 螺口矮脚式电灯的安装

螺口矮脚式电灯的安装方法除了接线以外，其余与卡口矮脚式电灯的安装方法几乎完全相同，如图 6-8 所示。螺口矮脚式电灯接线时应注意：中性线要接到与螺旋套相连的接线桩上，灯头与开关的连接线（实际上是通过开关的相线）要接到与中心铜片相连的接线桩头上，千万不可接反，否则在装卸灯泡时容易发生触电事故。

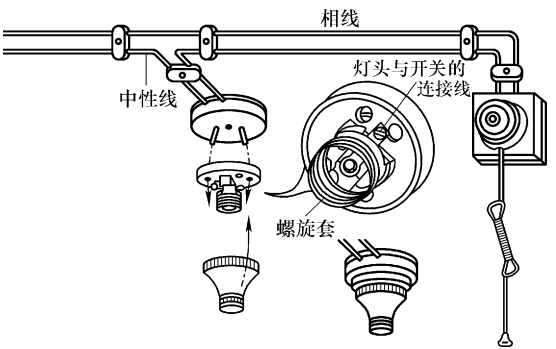


图 6-8　螺口矮脚式电灯的安装

6.3.4　吸顶灯的安装

吸顶灯与屋顶天花板的结合可采用过渡板安装法或直接用底盘安装法。

1. 采用过渡板安装

首先用膨胀螺钉将过渡板固定在顶棚预定位置。将底盘元件安装完毕后，再将电源线由引线孔穿出，然后托着底盘找过渡板上的安装螺栓，上好螺母。因不便观察而不易对准位置时，可用一根铁丝穿过底盘安装孔，顶在螺栓端部，使底盘慢慢靠近，沿铁丝顺利对准螺钉并安装到位，如图 6-9 所示。

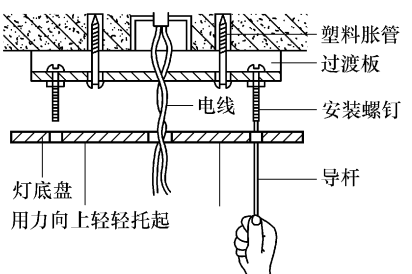


图 6-9　吸顶灯采用过渡板安装

2. 直接用底盘安装

安装时用木螺钉直接将吸顶灯的底座固定在预先埋好在天花板内的木砖上，如图 6-10 所示。当灯座直径大于 100mm 时，需要用 2 ~ 3 只木螺钉固定灯座。

6.3.5　壁灯的安装

壁灯安装在砖墙上时，应在砌墙时预埋木砖（禁止用木楔代替木砖）或金属构件。壁灯下沿距地面的高度为 1.8 ~ 2.0m，室内四面的壁灯安装高度可以不相同，但

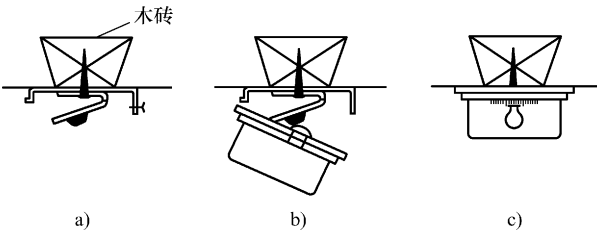


图 6-10　吸顶灯直接用底座安装

同一墙面上的壁灯高度应一致。壁灯为明线敷设时，可将塑料圆台或木台固定在木砖或金属构件上，然后再将灯具基座固定在木台上，如图 6-11a 所示。壁灯为暗线敷设时，可用膨胀螺栓直接将灯具基座固定在墙内的塑料胀管中，如图 6-11b 所示。壁灯装在柱子上时，可直接将灯具基座安装在柱子上预埋的金属构件上或用抱箍固定的金属构件上，如图 6-11c 所示。

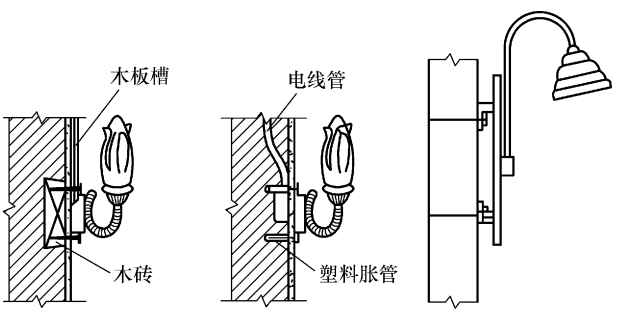
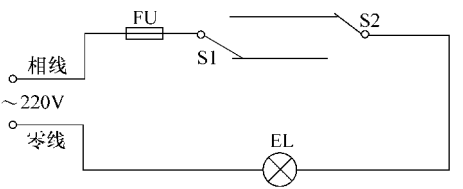


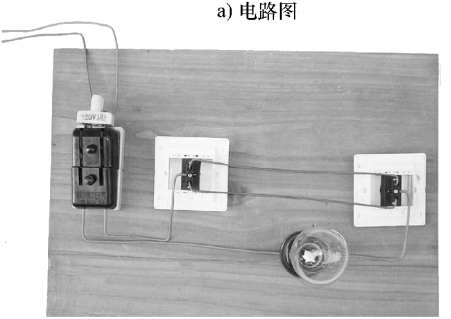
图 6-11　壁灯的安装

6.3.6　双联开关两地控制一盏灯的安装

安装时，使用的开关应为双联开关，此开关应具有3个接线桩，其中两个分别与两个静触头连接，另一个与动触头连接（称为共用桩）。双联开关用于控制电路上的白炽灯，一个开关的共用桩（动触头）与电源的相线连接，另一个开关的共用桩与灯座的一个接线桩连接。采用螺口灯座时，应与灯座的中心触头接线桩相连接，灯座的另一个接线桩应与电源的中性线相连接。两个开关的静触头接线桩，分别用两根导线进行连接，如图6-12所示。



a) 电路图



b) 安装方法

图6-12　双联开关两地控制一盏灯的安装

6.3.7　花灯的安装

对于大型装饰性灯具，由于灯具较重，需在顶板上预埋吊钩，有时还要对顶板进行加固。吊钩预埋方法及灯具吊装方法，如图 6-13、图 6-14 所示。在固定吊钩时，一

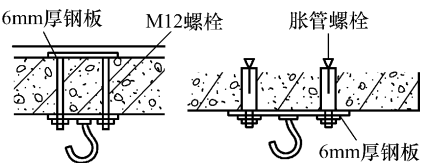


图 6-13　吊钩的预埋

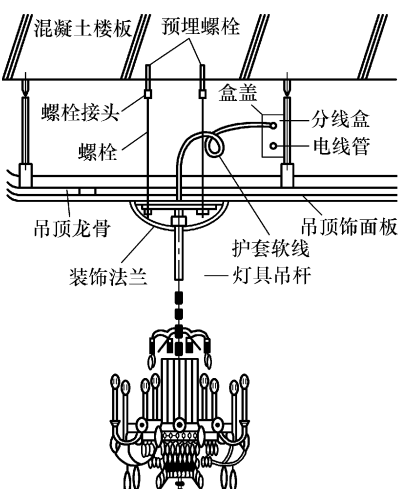


图 6-14　花灯的安装

般应使用金属胀管来固定，而不使用塑料胀管固定，因为塑料胀管长期受往下的拉力作用容易脱出而造成灯具跌落的事故。

6.3.8　白炽灯的常见故障及检修方法（见表 6-7）

表 6-7　白炽灯的常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
灯泡不亮	1. 灯丝烧断 2. 电源熔丝烧断 3. 开关接线松动或接触不良 4. 电路中有断路故障 5. 灯座内接触头与灯泡接触不良	1. 更换为新灯泡 2. 检查熔丝烧断的原因，并更换熔丝 3. 检查开关的接线处，并修复 4. 检查电路的断路处，并修复 5. 去掉灯泡，修理弹簧触头，使其有弹性
开关合上后熔丝马上熔断	1. 灯座内两线头短路 2. 螺口灯座内中心铜片与螺旋铜圈相碰短路 3. 电路或其他电器短路 4. 用电量超过熔丝容量	1. 检查灯座内两接线头，并修复 2. 检查灯座并扳准中心铜片 3. 检查导线绝缘是否老化或损坏，检查同一电路中其他电器是否短路，并修复 4. 减小负载或更换大一级的熔丝

（续）

故障现象	产生原因	检修方法
灯泡发强烈白光，瞬时烧坏	1. 灯泡灯丝搭丝造成电流过大 2. 灯泡的额定电压低于电源电压 3. 电源电压过高	1. 更换为新灯泡 2. 更换与电路电压一致的灯泡 3. 查找电压过高的原因，并修复
灯光暗淡	1. 灯泡内钨丝蒸发后积聚在玻壳内表面使玻壳发乌，透光度减低；同时灯丝蒸发后变细，电阻增大，电流减小，光通量减小 2. 电源电压过低 3. 电路绝缘不良有漏电现象，致使灯泡上电压过低 4. 灯泡外部积垢或积灰	1. 正常现象，不必修理，必要时可更换为新灯泡 2. 调整电源电压 3. 检修电路，更换导线 4. 擦去灰垢
灯泡忽明忽暗或忽亮忽灭	1. 电源电压忽高忽低 2. 附近有大电动机起动 3. 灯泡灯丝已断，断口处相距很近，灯丝晃动后忽接忽离 4. 灯座、开关接线松动 5. 熔丝接头处接触不良	1. 检查电源电压 2. 待电动机起动过后会好转 3. 及时更换为新灯泡 4. 检查灯座和开关，并修复 5. 紧固熔丝

6.4　荧光灯的安装与检修

6.4.1　荧光灯常用电路

荧光灯的常用电路如图 6-15 所示。

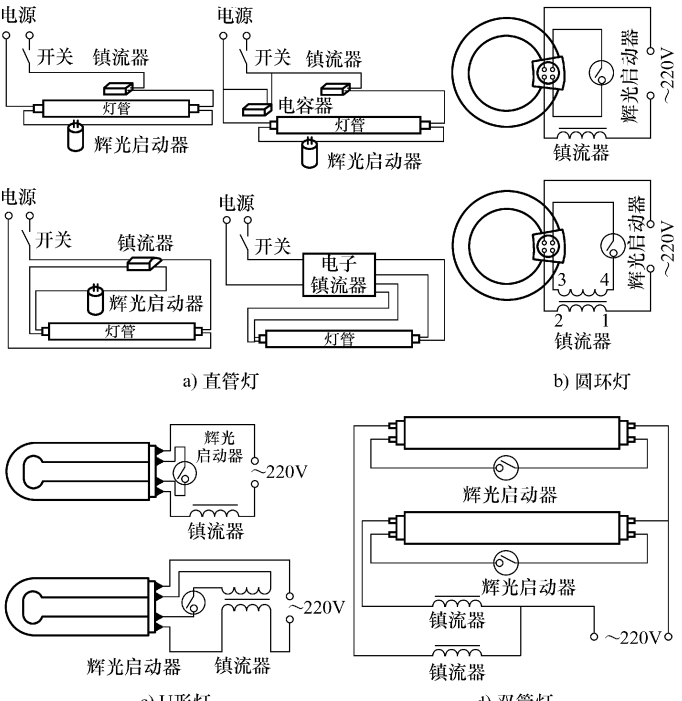


图 6-15　荧光灯的常用电路

6.4.2　荧光灯的安装

1）准备灯架。根据荧光灯管的长度，购置或制作与之配套的灯架。

2）组装灯具。荧光灯灯具的组装，就是将镇流器、

辉光启动器、灯座和灯管安装在铁制或木制灯架上。组装时必须注意，镇流器应与电源电压、灯管功率相配套，不可随意选用。由于镇流器比较重，又是发热体，应将其扣装在灯架中间或在镇流器上安装隔热装置。辉光启动器规格应根据灯管功率来确定。辉光启动器宜装在灯架上便于维修和更换的地点。两灯座之间的距离应准确，防止因灯脚松动而造成灯管掉落。灯具的组装示意图如图 6-16 所示。

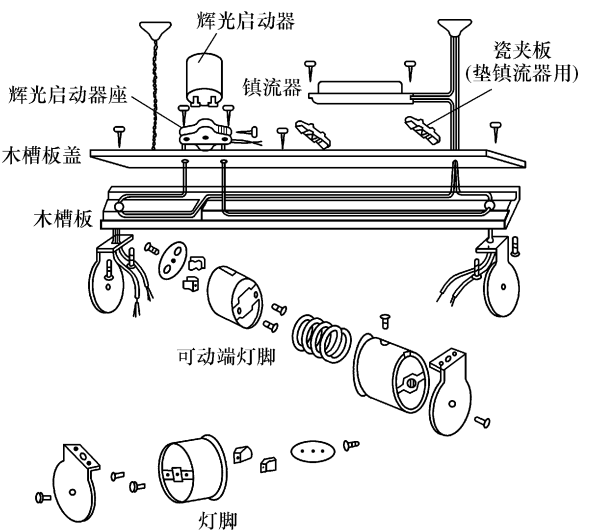


图 6-16　灯具组装示意图

3）固定灯架。固定灯架的方式有吸顶式和悬吊式两种。悬吊式又分金属链条悬吊和钢管悬吊两种。安装前先在设计的固定点打孔预埋合适的固定件，然后将灯架固定在固定件上。

4）组装接线。辉光启动器座上的两个接线端分别与两个灯座中的一个接线端连接，余下的接线端，其中一个与电源的中性线相连，另一个与镇流器的一个出线头连接。镇流器的另一个出线头与开关的一个接线端连接，而开关的另一个接线端则与电源中的一根相线相连。与镇流器连接的导线既可通过瓷接线柱连接，也可直接连接，但要恢复绝缘层。接线完毕，要对照电路图仔细检查，以免错接或漏接，如图 6-17 所示。

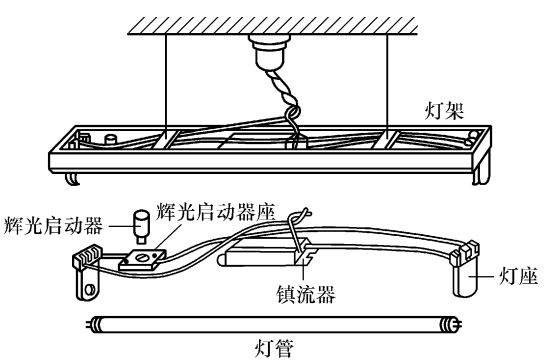


图 6-17　荧光灯的组装接线

5）安装灯管。安装灯管时，对插入式灯座，先将灯管一端灯脚插入带弹簧的一个灯座，稍用力使弹簧灯座活动部分向外退出一小段距离，另一端趁势插入不带弹簧的灯座。对开启式灯座，先将灯管两端灯脚同时卡入灯座的开缝中，再用手握住灯管两端头旋转约 1/4 圈，灯管的两个引出脚即被弹簧片卡紧，使电路接通，如图 6-18 所示。

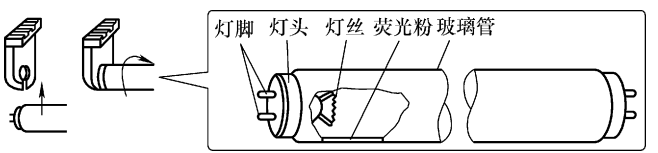


图 6-18　安装灯管

6）安装辉光启动器。最后把辉光启动器旋放在辉光启动器底座上，如图 6-19 所示。开关、熔断器等按白炽灯安装方法进行接线。检查无误后，即可通电试用。

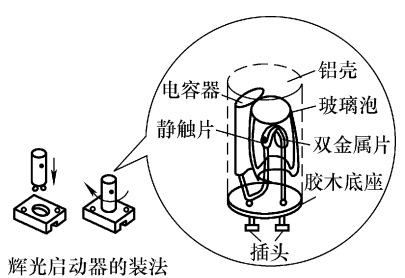


图 6-19　安装辉光启动器

6.4.3　荧光灯的常见故障及检修方法（见表 6-8）

表 6-8　荧光灯的常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
荧光灯管不能发光或发光困难	1. 电源电压过低或电源电路较长造成电压降过大 2. 镇流器与灯管规格不配套或镇流器内部断路 3. 灯管灯丝断丝或灯管漏气 4. 辉光启动器陈旧损坏或内部电容器短路 5. 新装荧光灯接线错误 6. 灯管与灯脚或辉光启动器与辉光启动器座接触不良 7. 气温太低难以辉光启动	1. 有条件时调整电源电压；电路较长应加粗导线 2. 更换与灯管配套的镇流器 3. 更换为新荧光灯管 4. 用万用表检查辉光启动器里的电容器是否短路，如有应更换为新辉光启动器 5. 断开电源开关及时更正错误接线 6. 一般荧光灯灯脚与灯管接触处最容易接触不良，应检查修复。另外，用手重新装调辉光启动器与辉光启动器座，使之良好配接 7. 进行灯管加热、加罩或换用低温灯管
荧光灯灯光抖动及灯管两头发光	1. 荧光灯接线有误或灯脚与灯管接触不良 2. 电源电压太低或电路太长，导线太细，导致电压降太大 3. 辉光启动器本身短路或辉光启动器座两接触头短路 4. 镇流器与灯管不配套或内部接触不良 5. 灯丝上电子发射物质耗尽，放电作用降低 6. 气温较低，难以辉光启动	1. 更正错误接线或修理加固灯脚接触头 2. 检查电路及电源电压，有条件时调整电压或加粗导线截面积 3. 更换辉光启动器，修复辉光启动器座的触片位置或更换辉光启动器座 4. 配换适当的镇流器，加固接线 5. 换用新荧光灯灯管 6. 进行灯管加热或加罩处理

（续）

故障现象	产生原因	检修方法
灯光闪烁或光有滚动	1. 更换为新灯管后出现的暂时现象 2. 单根灯管常见现象 3. 荧光灯辉光启动器质量不佳或损坏 4. 镇流器与荧光灯不配套或有接触不良处	1. 一般使用一段时间后即可好转，有时将灯管两端对调一下即可正常 2. 有条件可改用双灯管解决 3. 换用新辉光启动器 4. 调换与荧光灯管配套的镇流器或检查接线有无松动，进行加固处理
荧光灯在断开开关后，夜晚有时会有微弱亮光	1. 电路潮湿，开关有漏电现象 2. 开关不是接在相线上而是错接于零线上	1. 进行烘干或绝缘处理，开关漏电严重时应更换为新开关 2. 把开关改接在相线上
荧光灯管两头发黑或产生黑斑	1. 电源电压过高 2. 辉光启动器质量不好，接线不牢，引起长时间的闪烁 3. 镇流器与荧光灯管不配套 4. 灯管内汞气凝结（是细灯管常见现象） 5. 辉光启动器短路，使新灯管阴极发射物质加速蒸发而老化，更换为新辉光启动器后，也有此现象 6. 灯管使用时间过长，老化陈旧	1. 处理电压升高的故障 2. 换用新辉光启动器 3. 更换为与荧光灯管配套的镇流器 4. 启动后即能蒸发，也可将灯管旋转 180°后再使用 5. 更换为新的辉光启动器和新的灯管 6. 更换为新灯管

（续）

故障现象	产生原因	检修方法
荧光灯亮度降低	1. 温度太低或冷风直吹灯管	1. 加防护罩并回避冷风直吹
	2. 灯管老化陈旧	2. 严重时更换为新灯管
	3. 电路电压太低或压降太大	3. 检查电路电压太低的原因，有条件时，调整电路或加粗导线截面积使电压升高
	4. 灯管上积垢太多	4. 断电后清洗灯管并做烘干处理
噪声太大或对无线电干扰	1. 镇流器质量较差或铁心硅钢片未夹紧	1. 更换为新的配套镇流器或紧固硅钢片铁心
	2. 电路上的电压过高，引起镇流器发出声音	2. 如电压过高，要找出原因，设法降低电路电压
	3. 辉光启动器质量较差引起辉光启动时出现杂声	3. 更换为新辉光启动器
	4. 镇流器过载或内部有短路处	4. 检查镇流器过载原因（如是否与灯管配套，电压前段是否过高，气温是否过高，有无短路现象等），并处理；镇流器短路时，应换用新镇流器
	5. 辉光启动器电容器失效开路，或电路中某处接触不良	5. 更换辉光启动器或在电路上加装电容器或在进线上加滤波器来解决
	6. 电视机或收音机与荧光灯距离太近引起干扰	6. 电视机、收音机与荧光灯的距离要尽可能离远些

（续）

故障现象	产生原因	检修方法
荧光灯管寿命太短或瞬间烧坏	1. 镇流器与荧光灯管不配套 2. 镇流器质量差或镇流器自身有短路致使加到灯管上的电压过高 3. 电源电压太高 4. 开关次数太多或辉光启动器质量差引起长时间灯管闪烁 5. 荧光灯管受到振动致使灯丝振断或漏气 6. 新装荧光灯接线有误	1. 换用与荧光灯管配套的新镇流器 2. 镇流器质量差或有短路处时，要及时更换为新镇流器 3. 电压过高时找出原因，加以处理 4. 尽可能减少开关荧光灯的次数，或更换为新的辉光启动器 5. 改善安装位置，避免强烈振动，然后再换用新灯管 6. 更正电路接错之处
荧光灯的镇流器过热	1. 气温太高，灯架内温度过高 2. 电源电压过高 3. 镇流器质量差，线圈内部匝间短路或接线不牢 4. 灯管闪烁时间过长 5. 新装荧光灯接线有误 6. 镇流器与荧光灯管不配套	1. 保持通风，改善荧光灯环境温度 2. 检查电源电压 3. 旋紧接线端子，必要时更换为新镇流器 4. 检查闪烁原因，灯管与灯脚接触不良时要加固处理，辉光启动器质量差时要更换，荧光灯管质量差引起闪烁，严重时也需更换 5. 对照荧光灯电路图，进行更改 6. 更换为与荧光灯管配套的镇流器

6.5　格栅灯的安装方法（见图 6-20）

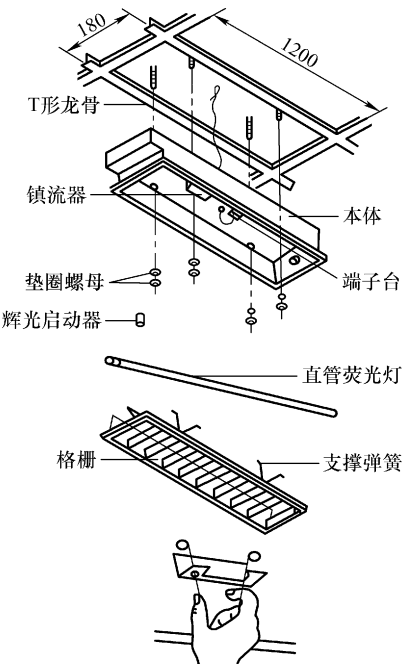


图 6-20　格栅灯的安装方法

6.6　高压汞灯的安装与检修

6.6.1　高压汞灯的安装

高压汞灯是一种气体放电灯，主要由放电管、玻璃壳和灯头等组成。玻璃壳分内外两层，内层是一个石英玻璃放电管，管内有上电极、下电极和引燃极，并充有汞和氩气；外层是一个涂有荧光粉的玻璃壳，壳内充有少量氮气。高压汞灯的外形结构如图 6-21 所示。

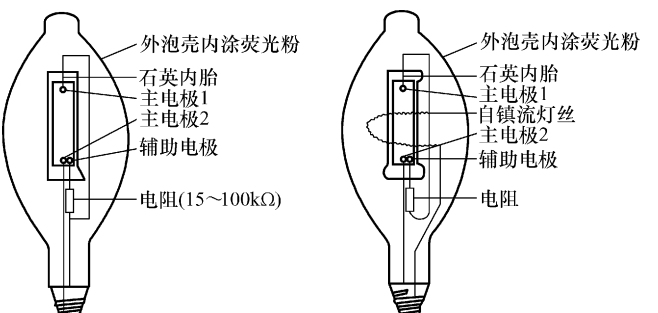


图 6-21　高压汞灯

高压汞灯具有光色好、启动快、使用方便等优点，适用于工厂的车间、城乡的街道、农村的场院等场所的照明。在安装和使用高压汞灯时要注意以下几点。

1）高压汞灯分为镇流式和自镇流式两种类型。自镇流式灯管内装有自镇流灯丝，安装时不必另加镇流器。镇

流式高压汞灯应按图 6-22 所示电路接线安装。

2）镇流式高压汞灯所配用镇流器的规格必须与灯泡功率一致。否则，接通电源后灯泡不是启动困难就是被烧坏。镇流器必须装在灯具附近、人体不能触及的位置。镇流器是发热元件，应注意通风散热，镇流器装在室外应有防雨措施。

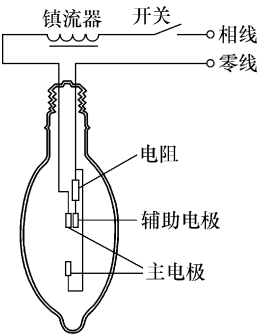


图 6-22　镇流式高压汞灯的接线

3）高压汞灯功率在 125W 及以下时，应配用 E27 型瓷质灯座；功率在 175W 及以上时，应配用 E40 型瓷质灯座。

4）灯泡应垂直安装。若水平安装，亮度将减小且易自行熄灭。

5）功率偏大的高压汞灯由于温度高，应装置散热设备。

6）灯泡辉光启动后 4 ~ 8min 才能达到正常亮度。灯泡在点燃中突然断电，如再通电点燃，需待 10 ~ 15min，这是正常现象。如果电源电压正常，又无电路接触不良，灯泡仍有熄灭和自行点燃现象反复出现，说明灯泡需要更换。

6.6.2　高压汞灯的常见故障及检修方法（见表 6-9）

表 6-9　高压汞灯的常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
开关合上后灯泡不亮	1. 电源进线无电压 2. 电路中有短路点 3. 电路中有断路处 4. 开关接触不良 5. 电源熔丝熔断 6. 灯泡灯丝已断 7. 灯泡与灯头内舌头接触不良 8. 灯头内接线脱落或烧断 9. 电源电压过低 10. 灯泡质量太差或由于机械振动内部损坏 11. 镇流式高压汞灯镇流器损坏	1. 检查电源 2. 找出短路点加以处理 3. 找出断路处并修复 4. 检修开关 5. 更换为新熔丝，并用螺钉压紧 6. 更换为新灯泡 7. 用小电笔将螺口灯头内舌头向外勾出一些，使其与灯泡接触良好 8. 将脱落或烧断的线重新接好 9. 检查电源 10. 更换为质量合格的新灯泡 11. 更换为新的镇流器
灯泡发出强光或瞬间烧毁，灯泡变为微暗蓝色	1. 电源电压过高，应接220V 电源电压错接于 380V 上 2. 附带镇流器的灯泡，镇流器线圈匝间短路或整体短路 3. 灯泡漏气，外壳玻璃损伤，裂纹处漏气	1. 检查电源，如接错电源应更正 2. 更换为与灯管配套的新镇流器 3. 更换为新灯泡

（续）

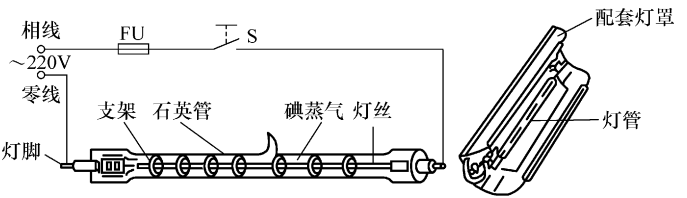
故障现象	产生原因	检修方法
灯泡点燃后忽亮忽灭	1. 电源电压忽高、忽低、忽有、忽无	1. 检查电源
	2. 受附近大型电力设备启动的影响	2. 可另选其他电路供电解决，也可将汞灯带的镇流器更换成稳压型镇流器
	3. 熔断器、开关、灯头、灯座等接触处有接触不良现象	3. 查找接触不良处，重新接线处理，并压紧固定螺钉
	4. 灯泡在电压正常、无断续供电下自行熄灭，又自行点燃	4. 汞灯点燃一段后，无外界影响又自行熄灭，再自行点燃，一般出现在自镇流式汞灯上，属质量问题，严重时，应更换
	5. 灯泡遇瞬时断电再来电时，要熄灭一段时间后，才能自动重新点燃	5. 汞灯在瞬间断电再来电时，约需5min才能燃亮，这种特性属正常现象

6.7　碘钨灯的安装与检修

6.7.1　碘钨灯的安装

碘钨灯是卤素灯的一种，靠增高灯丝温度来提高发光效率，系热体发光光源。它不仅具有白炽灯光色好、辨色率高的优点，而且还克服了白炽灯发光效率低、使用寿命短的缺点。其发光强度大、结构简单、装修方便，适用于照度大、悬挂高的车间、仓库及室外道路、桥梁和夜间施工工地。碘钨灯的接线如图6-23a所示。

安装和使用碘钨灯时应注意以下事项：



a) 接线图　　b) 专用灯罩

图 6-23　碘钨灯的接线图及专用灯罩

1）碘钨灯必须配用与灯管规格相适应的专用铝质灯罩，如图 6-23b 所示。灯罩既可反射灯光，提高灯光利用率，又可散发灯管热量，使灯管保持最佳工作状态。由于灯罩温度较高，装于灯罩顶端的接线块必须是瓷质的，电源引线应采用耐热性能较好的橡皮绝缘软线，且不可贴在灯罩铝壳上，而应悬空布线。灯罩与可燃性建筑物的净距离不应小于 1m。

2）碘钨灯安装时必须保持水平状态，水平线偏角应小于 4°，否则会破坏碘钨循环，缩短灯管寿命。

3）碘钨灯不可贴在砖墙上安装，以免散热不畅而影响灯管的寿命。装在室外，应有防雨措施。碘钨灯灯管工作时温度高达 500 ~ 700℃，故其安装处近旁不可堆放易燃或其他怕热物品，以防发生火灾。

4）功率在 1kW 以上的碘钨灯，不可安装一般电灯开关，而应安装开启式负荷开关。

5）碘钨灯安装地点要固定，不宜将它作移动光源使

用。装设灯管时要小心取放，尤其要注意避免受振损坏。

6）碘钨灯的安装点离地高度不应小于6m（指固定安装的），以免产生眩光。

6.7.2　碘钨灯的常见故障及检修方法（见表6-10）

表6-10　碘钨灯的常见故障及检修方法

故障现象	产生原因	检修方法
通电后灯管不亮	1. 电源电路有断路处 2. 熔丝熔断 3. 灯脚与导线接触不良 4. 开关有接触不良处 5. 灯管损坏 6. 因反复热胀冷缩使灯脚密封处松动，接触不良	1. 检查供电电路，恢复供电 2. 更换同规格熔丝 3. 重新接线 4. 检修或更换开关 5. 更换灯管 6. 更换灯管
灯管使用寿命短	1. 安装水平倾斜度过大 2. 电源电压波动较大 3. 灯管质量差 4. 灯管表面有油脂类物质	1. 调整水平倾斜度，使其在4°以下 2. 加装交流稳压器 3. 更换为质量合格的灯管 4. 断电后，将灯管表面擦拭干净



电动机应用与维修

7.1 三相异步电动机的结构和工作原理

7.1.1 三相异步电动机的基本结构

三相异步电动机主要由定子（固定部分）和转子（转动部分）两部分组成。定子与转子间有一个很小的气隙。此外还有端盖、轴承、风扇和接线盒等。图 7-1 所示是三相笼型异步电动机的基本结构。

1. 定子

定子由机座、定子铁心、定子绕组三部分组成。

机座一般用铸铁制成，用来固定定子铁心和定子绕组，以及作为整机的底座。

定子铁心是电动机的磁路部分，用 0.5mm 厚的硅钢片叠压而成，其表面涂有绝缘漆，以减小交变磁通引起的涡流损耗。定子硅钢片的内表面冲压有均匀分布的槽口，用以安装定子绕组。槽口的数量有 24 槽、36 槽等。

定子绕组是电动机的电路部分。定子绕组是由若干线圈组成的三相对称绕组，按照一定的角度嵌放在定子铁心

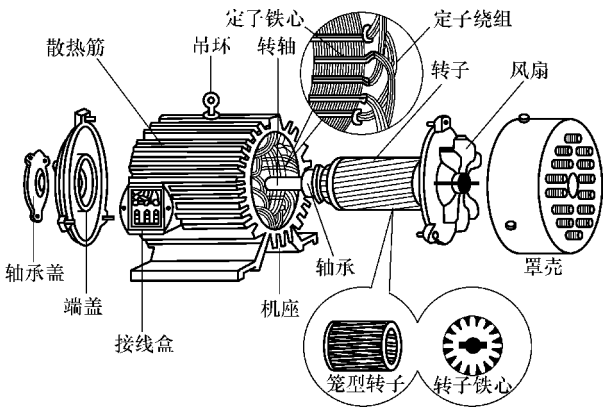


图 7-1　三相笼型异步电动机的基本结构

槽内，并与铁心绝缘。三相绕组有六个引出端，都从内部引到机座外壳的接线盒内。其中三个首端分别用 U1、V1、W1 表示，三个尾端分别用 U2、V2、W2 表示。三相定子绕组的引出端在接线盒内可以接成星形或三角形，分别如图 7-2 和图 7-3 所示。

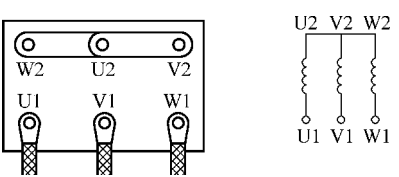


图 7-2　定子绕组的星形联结

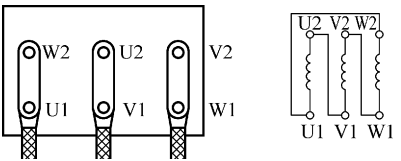


图 7-3　定子绕组的三角形联结

2. 转子

转子由转子铁心、转子绕组、转轴三部分组成。

转子铁心由硅钢片叠成压装在转轴上，在硅钢片外圆上冲有均匀分布的槽口，用来嵌入或浇铸转子绕组。

转子绕组有笼型和绕线型两种。中、小型电动机一般为笼型转子绕组，即在转子铁心槽内嵌入铜条（见图 7-4）或用铸铝直接注入形成铝条（见图 7-5），并用铜环或铸铝在其两端焊接或直接铸成两个环（称为端环），以形成闭合回路。因其外形像鼠笼，所以称为笼型转子绕组。绕线式转子绕组是在转子铁心槽内嵌入三个对称的绕组，三个绕组起始端接到固定在转轴上的三个彼此绝

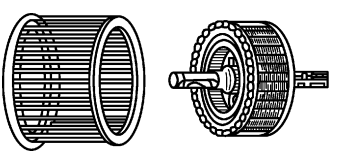


图 7-4　用铜条做绕组的笼型转子

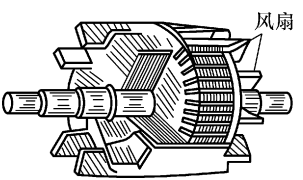


图 7-5　铸铝的笼型转子

缘的集电环上，再经过电刷与外电路连接。绕线转子的外形如图 7-6 所示。

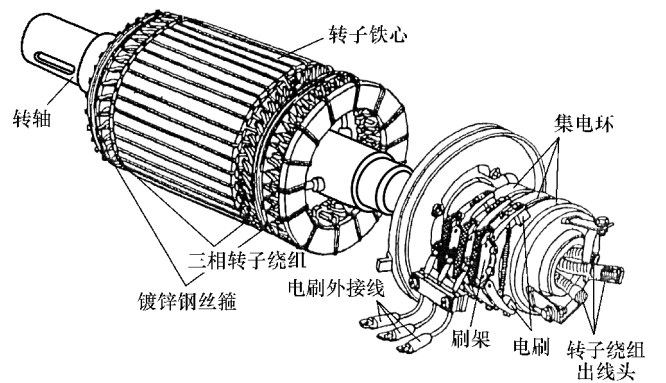


图 7-6　绕线转子

转轴用来支承转子，并随转子一起转动，转轴用中碳钢制成，可以承受很大的转矩，加上带轮或联轴器后用以带动工作机械运转。转轴通过轴承固定在机座两端的端盖上。

7.1.2　三相异步电动机的工作原理

三相异步电动机在未接通电源之前，转子是静止不动的。当电动机的定子绕组通入三相交流电后，定子绕组中便形成了旋转磁场。假定旋转磁场按顺时针方向旋转，则旋转磁场与转子就有相对运动，转子导线中将产生感应电动势，如图 7-7 所示。现假设旋转磁场不转，相当于转子

绕组沿逆时针方向旋转而切割磁力线，按照右手定则可以确定，转子上半部导线的感应电动势方向是向外的，下半部导线的感应电动势方向是向内的。由于转子绕组是闭合的，因此，在感应电动势作用下转子导线内有感应电流通过，载流导体在旋转磁场中会受到电磁力的作用，其方向由左手定则确定。图 7-7 中的 F 这一对电磁力的作用方向与旋转磁场方向一致，于是，转子就顺着旋转磁场的方向转动起来。

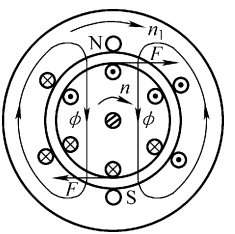


图 7-7　异步电动机的工作原理

转子沿磁场的旋转方向转动，但转子的转速 n 永远小于旋转磁场的转速 n_1。因为假如转子的转速等于旋转磁场的转速，则转子绕组与旋转磁场之间就不存在相对运动，转子绕组将不再切割磁力线，也就不能产生感应电动势、感应电流和电磁转矩，电动机也就不可能继续旋转下去。可见，转子总是顺着旋转磁场方向以低于同步转速 n_1 的转速而旋转，所以这类交流电动机又称为异步电动机。

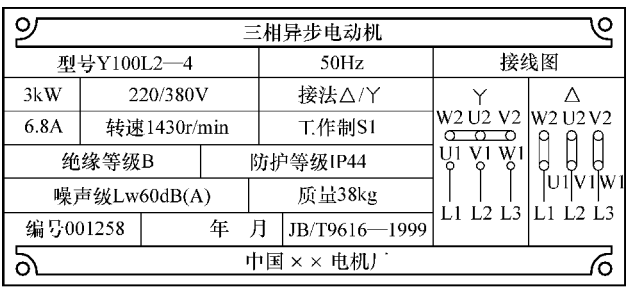
7.2　三相异步电动机的铭牌

每台电动机的机壳上都有一块金属标牌，称为电动机的铭牌。铭牌上面标有电动机的型号、规格和有关技术数据。铭牌就是一个简单的说明书，是选用电动机的主要

依据。

7.2.1　铭牌的一般形式

三相异步电动机铭牌的一般形式如图 7-8 所示。



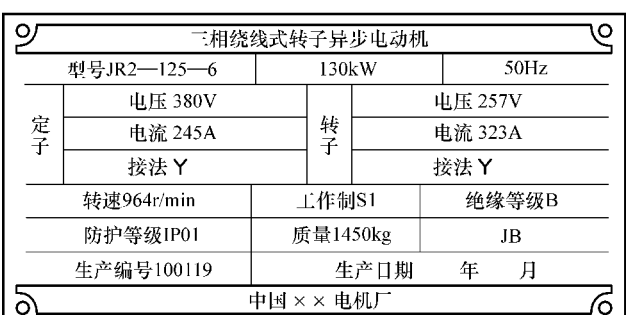


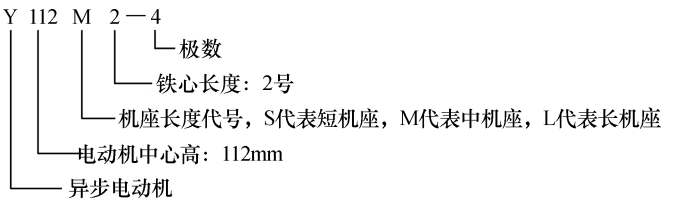
图 7-8　三相异步电动机的铭牌

7.2.2　铭牌的含义

铭牌上主要数据的意义如下。

1. 型号

常见电动机的型号含义为



2. 额定功率

电动机的额定功率，表示这台电动机在额定工作状况下运行时，机轴上所能输出的机械功率，单位为千瓦（kW）。

3. 频率

频率是指电动机所接交流电源的频率。我国目前采用50Hz 频率。

4. 额定电压

额定电压是指电动机在额定运行状态下加在定子绕组上的线电压，单位为伏（V）。通常铭牌上标有两种电压，如 220/380V，表示这台电动机可用于线电压为 220V 的三相电源，也可用于线电压为 380V 的三相电源。通常，电动机只有在额定电压下运行才能输出额定功率。

5. 额定电流

电动机的额定电流是指电动机在额定电压、额定频率和额定负载下定子绕组的线电流，单位为安（A）。电动

机定子绕组为△联结时，线电流是相电流的$\sqrt{3}$倍；为Y联结时，线电流等于相电流。一般电动机电流受外加电压、负载等因素影响较大，所以了解电动机所允许通过的最大电流为正确选择导线、开关以及电动机上所接的熔断器和热继电器提供了依据。

对于额定电压为380V、功率不超过55kW的三相异步电动机，其额定电流的安培数近似等于额定功率千瓦数的2倍，通常称为“1千瓦2安培关系”。例如，10kW电动机的额定电流约为20A；17kW电动机的额定电流约为34A。

6. 额定转速

额定转速是指电动机在额定电压、额定频率和额定功率情况下运行时，转子每分钟所转的转数。单位为转/分钟（r/min）。通常额定转速比同步转速低2%～6%。同步转速、电源频率和电动机磁极对数有如下关系：

$$同步转速 = 60 \times 频率/磁极对数 = 60f/p$$

如：两极电动机（一对磁极）

$$同步转速 = 60 \times 50/1\,r/min = 3000r/min$$

四极电动机（两对磁极）

$$同步转速 = 60 \times 50/2\,r/min = 1500r/min$$

两极电动机的额定转速为2930r/min左右，四极电动机的额定转速为1440r/min左右。

7. 绝缘等级

绝缘等级是指电动机绕组所用绝缘材料的耐热等级，

它表明电动机所允许的最高工作温度。有的电动机铭牌上只标注最高允许温度（环境温度为 40℃时电动机的最高允许温度）而未标注绝缘等级，其对应关系见表 7-1。

表 7-1　电动机的绝缘材料耐热等级和最高允许温度（环境温度为 40℃）

耐热等级	90(Y)	105(A)	120(E)	130(B)	155(F)	180(H)	(C)
最高允许温度/℃	90	105	120	130	155	180	180 以上

注：1. 绝缘材料耐热等级括号内为以前标准使用的符号。
2. 180℃以上新标准中划分为 200、220、250 三个耐热等级。

8. 定额

定额是指电动机在额定情况下，允许连续使用时间的长短。定额分为连续、短时和断续三种。连续（S1）是指电动机连续不断地输出额定功率而温升不超过铭牌允许值。短时（S2）表示电动机不能连续使用，只能在规定的较短时间内输出额定功率。断续（S3）表示电动机只能短时输出额定功率，但可多次断续重复起动和运行。

9. 温升

温升是指电动机长期连续运行时的工作温度比周围环境温度高出的数值。我国规定周围环境的最高温度为 40℃。例如，若电动机的允许温升为 65℃，则其允许的工作温度为 65℃ +40℃ =105℃。电动机的允许温升与所

用绝缘材料耐热等级有关。电动机运行中的温度如果超过极限温升，会使绝缘材料加速老化，缩短电动机的使用寿命。

10. 防护等级

防护等级是指电动机外壳（含接线盒等）防护电动机电路部分的能力。在铭牌中以 IPxy 的方式给出，其中，IP 是国际通用的防护等级代码，后面的 x 和 y 分别是一个数字，x 是 0～6 共 7 个数字，代表防固体能力；y 是 0～8 共 9 个数字，代表防液体（一般指水）的能力。数字越大，防护能力越强。

11. 功率因数

功率因数是指电动机从电网所吸收的有功功率与视在功率的比值。视在功率一定时，功率因数越高，有功功率越大，电动机对电能的利用率也越高。

12. 联结方法

电动机定子绕组的常用联结方法有星形（Y）和三角形（△）两种。定子绕组的接线方式与电动机的额定电压有关。当铭牌上标明 220/380V，接线方式为△/Y 时，表示电动机用于 220V 线电压时，三相定子绕组应接成三角形；用于 380V 线电压时，三相绕组须接成星形。接线时不能任意改变联结方法，否则会损坏电动机。

13. 标准编号

标准编号表示本电动机所执行的技术标准。如 Y 系

列电动机执行 JB 3074—1982 标准。

14. 质量

质量是指电动机本身的质量，供起重运输时参考。

15. 出厂日期

出厂日期是指电动机作为合格产品的出厂时间。

16. 出厂编号

电动机铭牌上标出出厂编号，其目的是便于质量跟踪和查寻。

7.3　三相异步电动机的选择和安装使用

7.3.1　电动机的选择

1. 电动机类型的选择

电动机品种繁多，结构各异，分别适用于不同的场合，选择电动机时，首先应根据配套机械的负载特性、安装位置、运行方式和使用环境等因素来选择，从技术和经济两方面进行综合考虑后确定选择什么类型的电动机。

对于无特殊变速调速要求的一般机械设备，可选用机械特性较硬的笼型异步电动机。对于要求起动特性好，在不大范围内平滑调速的设备，一般应选用绕线转子异步电动机。对于有特殊要求的设备，则选用特殊结构的电动机，如小型卷扬机、升降设备等，可选用锥形转子制动电动机。

三相异步电动机的型号、结构特点和用途见表 7-2。

表 7-2　三相异步电动机的型号、结构特点和用途

名称	型号		结构特点	用　　途
	新型号	旧型号		
异步电动机	Y	J J2 JO JO2 JO3	铸铁外壳，自扇冷式，外壳上有散热片，铸铝笼型转子，有防护式及封闭式之分	用于一般机械及设备上，如水泵、鼓风机、机床等
高起动转矩三相异步电动机	YQ	JQ JQO JGO	同 Y 型	用于起动静止负载或惯性较大的机械，如压缩机、粉碎机等
变极式多速异步电动机	YD	JD JDO	有双速、三速、四速等	适用于需要分级调速的一般机械设备，可以简化或代替传动齿轮箱
高转差率异步电动机	YH	JH JHO	同 Y 型，转子一般采用合金铝浇铸	适用于拖动飞轮转矩较大、具有冲击性负载的设备，如剪床、冲床、锻压机械和小型起重、运输机械等

（续）

名称	型号		结构特点	用　途
	新型号	旧型号		
绕线转子异步电动机	YR	JR JRO	防护式、铸铁外壳、绕线转子	用于电源容量不足以起动笼型电动机的场合及要求起动电流小、起动转矩高的场合
起重冶金用异步电动机	YZ YZR	JZ JZR	封闭式，铸铁机壳上有散热筋，自扇冷却式 YZ为笼型转子 YZR为绕线转子	适用于各种形式的起重机械及冶金设备中辅助机械的驱动，按断续方式运行
电磁调速异步电动机	YCT	JZT	封闭式异步电动机与电磁转差离合器组成	用于纺织、印染、化工、造纸、船舶及要求变速的机械上
防爆异步电动机	YB	JB JBS	防爆式，钢板机壳，小机座上有散热筋，铸铝转子	用于有爆炸性气体的场所
井用潜水异步电动机	YQS	JQS	充水湿式，转子为铸铝笼型，机体密封	用于井下直接驱动潜水泵，吸取地下水供农业灌溉，工矿用水

2. 电动机功率的选择

电动机的功率，应根据生产机械所需要的功率来选择，尽量使电动机在额定负载下运行。实践证明，电动机的负载为额定负载的70% ~100%时效率最高。电动机的功率选择过大，就会出现“大马拉小车”现象，其输出机械功率不能得到充分利用，功率因数和效率都不高。电动机的功率选得过小，就会出现“小马拉大车”现象，造成电动机长期过载，使其绝缘因发热而损坏，甚至电动机被烧毁。一般对于采用直接传动的电动机，功率以1 ~1.1倍负载功率为宜；对于采用带传动的电动机，功率以1.05 ~1.15倍负载功率为宜。

另外，在选择电动机时，还要考虑到配电变压器容量的大小。一般，直接起动时最大一台电动机的功率，不宜超过变压器容量的30%。

3. 电动机转速的选择

应根据电动机所拖动机械的转速要求来选用转速相对应的电动机。如果采用联轴器直接传动，电动机的额定转速应与生产机械的额定转速相同。如果采用带传动，电动机的额定转速不应与生产机械的额定转速相差太多，其传动比一般不宜大于3。如果生产机械的转速与电动机的转速相差很多，则可选择转速稍高于生产机械转速的电动机，再另配减速器，使两者都在各自的额定转速下运行。

在选择电动机的转速时，不宜选得过低，因为电动机的额定转速越低，极数越多，体积越大，价格越高。但高

转速的电动机，起动转矩小，起动电流大，电动机的轴承也容易磨损。因此在工农业生产上选用同步转速为 1500 r/min（四极）或 1000 r/min（六极）的电动机较多，这类电动机适用性强，功率因数和效率也较高。

4. 电动机防护形式的选择

电动机的防护形式有开启式、防护式、封闭式和防爆式等。应根据电动机工作环境进行选择。

开启式电动机内部的空气能与外界畅通，散热条件很好，但是它的带电部分和转动部分没有专门的保护，只有在干燥和清洁的工作环境下使用。

防护式电动机有防滴式、防溅式和网罩式等种类，可以防止一定方向内的水滴、水浆等落入电动机内部，虽然它的散热条件比开启式差，但应用得比较广泛。

封闭式电动机的机壳是完全封闭的，被广泛应用于灰尘多和湿气较大的场合。

防爆式电动机的外壳具有严密密封结构和较高的机械强度，有爆炸性气体的场合应选用封闭式电动机。

7.3.2　电动机的安装

1. 电动机基础的安装

（1）固定基础的安装

如果电动机的安装地点是长期固定的，则其基础可采用混凝土结构。基础形状如图 7-9 所示。基础高出地面的尺寸 H 一般为 100 ~ 150mm，具体高度随电动机规格、传动方式和安装条件等而定。底座长度 L 和宽度 B 的尺寸，

应根据底板或电动机机座尺寸确定，每边应比电动机机座宽 100 ~ 150mm。基础的深度一般按地脚螺栓长度的1. 5 ~ 2. 0 倍选取，以保证埋设的地脚螺栓有足够的强度。基础的重量应为机组重量的 2. 5 ~ 3. 0 倍。

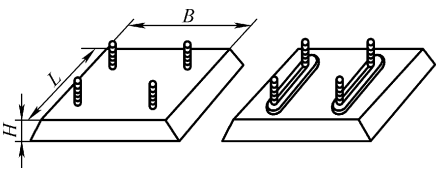


图 7-9　电动机的基础

浇注基础以前，应挖好基坑，夯实坑底，防止基础下沉；接着在坑底铺一层石子，用水淋透并夯实；然后把基础模板放在石子上，或将木板铺设在浇注混凝土的木框架上，并埋入地脚螺栓。

浇注混凝土时，要保持各地脚螺栓的位置不变和上下垂直。浇注时速度不宜太快，边浇注边用铁钎捣实。混凝土浇好后，将草袋覆盖在基础上，经常洒水，保护草袋湿润。养护 7 天后，便可拆除模板，再继续养护 7 ~ 10 天，便可安装电动机。

在易遭受振动的地点，电动机的底座基础应浇注成锯齿状，以增强抗振性能。

（2）非固定基础的安装

如果电动机的安装地点不是长期固定的，并且电动机功率较小，可将其安装在木架上，木架用 100mm × 200mm

的方木制成，把方木埋在地下，用铁钎或木桩固定。

如果电动机是移动使用的，并且功率又比较小，也可以将电动机和被带动的机械设备在使用地点用打桩的方法固定在一起。使用时应注意安装坚固稳定，防止电动机振动过大及出现跳跃现象。

2. 地脚螺栓的埋设

为了保证地脚螺栓埋设牢固，通常将其埋入基础的一端做成人字形或弯钩形，如图 7-10 所示。埋设地脚螺栓时，埋入混凝土的深度一般为螺栓直径的 10 倍左右，人字开口或弯钩的长度约为螺栓埋入混凝土深度的一半。

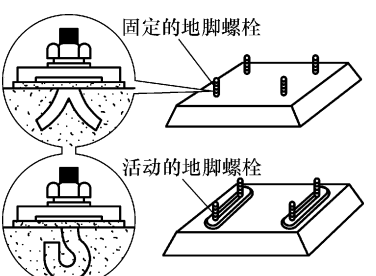


图 7-10　地脚螺栓的埋设

3. 安装就位

电动机在混凝土基础上的安装方式有两种：一种是将电动机基座直接安装在基础上，如图 7-11 所示；另一种是在基础上先安装槽轨，再将电动机装在槽轨上，如图 7-12所示。后一种安装方式便于更换电动机和进行安

装调整。

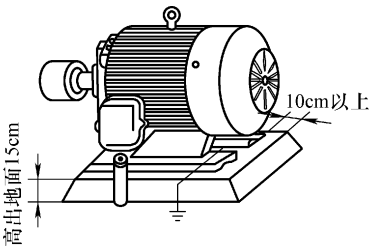


图 7-11　电动机在混凝土基础上安装

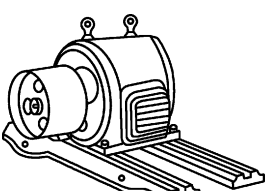


图 7-12　电动机在槽轨上安装

短距离搬运电动机，当重量在 100kg 以下时，可用铁棒穿过电动机上部吊环抬运到基础上，或者将绳子拴在电动机的吊环或底座上，用杠棒来抬运。禁止将绳子套在电动机的胶带或转轴上，或者穿过电动机的端盖来抬运电动机。重量在 100kg 以上的电动机，应使用起重机或滑轮（电葫芦）来吊装。为了防止振动，安装时应在电动机与基础之间垫一层硬橡皮板，四角的地脚螺栓都要套上弹簧垫圈。

电动机安装就位后，应用水平仪对电动机进行纵向和横向校正。如果不平，可在机座下面垫上 0.5 ~ 5.0mm 厚的钢片进行校正，如图 7-13 所示。禁止用木片、竹片或

铝片垫在机座下。否则，在拧紧地脚螺栓时或者在电动机运行过程中，木片、竹片、铝片就会变形或碎裂，影响电动机的安装精度。

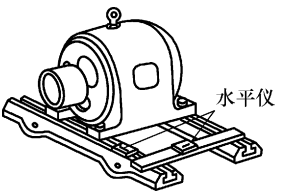


图 7-13　电动机的水平校正

4. 电动机传动装置的安装和校正

传动装置若安装得不好，会增加电动机的负载；严重时要烧坏电动机的绕组和损坏电动机的轴承。电动机的传动形式很多，常用的有齿轮传动、带传动和联轴器传动等。

（1）齿轮传动装置的安装与校正

安装的齿轮与电动机要配套，转轴纵横尺寸要配合安装齿轮的尺寸；所装齿轮与被动轮应配套，如模数、直径和齿形等。

齿轮传动时，电动机的轴与被传动的轴应保持平行，两齿轮的啮合应合适，可用塞尺测量两齿间间隙。如果间隙均匀，说明两轴已平行，否则要进行调整。

（2）带传动装置的安装与校正

电动机的两个带轮直径大小应按机械传动要求配套使用，传动比应符合要求。两个带轮的宽度中心线要在一条直线上，两轴在安装中必须平行，否则会损坏传动带，使电动机发生振动，严重时会烧坏电动机绕组，如果是平带，电动机在运行过程中有可能造成脱带事故。

如两个带轮宽度相等，可用一根弦线拉紧并紧靠两个带轮的端面，如果弦线均匀地接触 A、B、C、D 四点，说明两轴平行及带轮宽度上的中心线在一条直线上，可以使用电动机，如图 7-14 所示。当细线距 CD 有一段距离时，松开电动机的紧固螺母，将电动机顺轴向方向朝前平移至 A、B、C、D 呈一直线为止，再拧紧固定螺母。

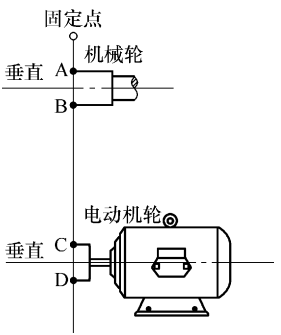


图 7-14　电动机带轮校正方法

当 A、B、D 在一条直线上，C 点距细线有一段距离时，表明两轴不平行，此时必须在电动机后（非传动端）底座加垫片抬高，最终使 A、B、C、D 在一条直线上。

对于其他需校正的状态可以类推。

（3）联轴器传动装置的安装和校正

常用的弹性联轴器在安装时，应先把两半片联轴器分别装在电动机和所带机械的轴上，然后把电动机移近连接处，当两轴相对处于一条直线上时，先初步拧紧电动机的机座安装螺栓，但不要拧得太紧，接着用钢直尺，按图 7-15所示方法搁在两半片联轴器上，然后用手转动电动机转轴，旋转 180°，同时用钢直尺查看联轴器转动时是否有高低之差，高低不一致时，应在电动机机座下或机

械传动机座下垫些钢片，使其联轴器上下平衡，在同一轴心位置上。若上述两个方面均已调整好，说明电动机和机械轴已处于同轴状态。再调整两个半片联轴器，使端面与另一轮端面之间有均衡的 1 ~ 2mm 的间隙后，便可将联轴器的机械部分和电动机分别固定，拧紧地脚螺栓即可试运行。

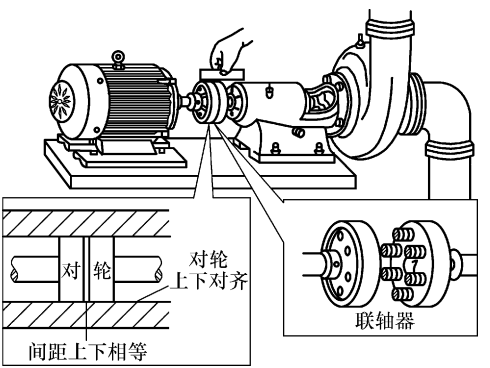


图 7-15　联轴器的安装和校正

5. 电动机电源管线的安装

电动机电源线安装一般采用两种方法：一种是把电动机四根电源线（其中有一根为电动机保护零线或是地线）先穿入具有阻燃性能的塑料管内，然后从电源开关下桩头明敷到电动机接线盒边；另一种是预埋钢管法。用这种方法安装较美观，并且安装正规，安全系数高，使用长久，目前在很多地方或单位都广泛采用。一般穿导线的钢管应

在浇注混凝土前埋好，连接电动机一端的钢管管口高出地面不得少于100mm，并最好用蛇形管（带）或软管伸入接线盒内，如图7-16所示。用钢管敷设电动机电源线时，要求一台电动机的三根电源线同时穿入这一根钢管内，并且要对这根穿电线的钢管做接零或接地处理（两头在穿线前焊接接零或接地螺钉，用多股铜导线一边连接到电动机外壳上，一边与三相四线制的零线或地线连接），以确保电气运行安全。

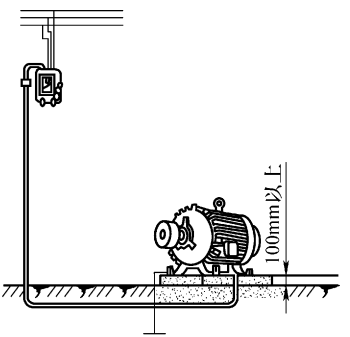


图7-16　电动机电源线用钢管安装

6. 电动机的保护接地及接零安装

为了防止电动机绕组的保护绝缘层损坏发生漏电时造成人身触电，必须给电动机装设保护接地线或保护接零装置，以保障人身安全。

电动机接入三相电源时，若电网中性点不直接接地，

这些电动机应采取保护接地措施。其方法是把电动机外壳用接地线连接起来。一般采用较粗的铜线（截面积不小于 4mm^2）与接地极可靠连接，这种方法称为保护接地，接地电阻一般不大于 4Ω。原理是，一旦电动机发生漏电现象，人身碰触电动机外壳时或是通过金属管道传到其他金属连接体处发生漏电时，由于人体电阻比接地电阻大得多，漏电电流主要经接地线流入大地，人体不致通过较大的电流而危及生命，从而保护了人身安全。接地保护示意如图 7-17 所示。

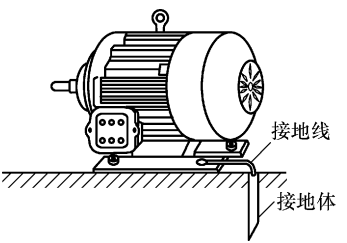


图 7-17　电动机采用接地保护

如果电网中性点直接接地，则可采用保护接零措施。方法是将电动机的外壳用铜导线与三相四线制电网的中性线相连接。这种保护措施比较安全可靠，现已被广泛采用。它的原理是，一旦发生电动机外壳漏电现象，它会迅速地形成较大的短路电流，使电路中的熔断器熔断或使断路器等过电流装置跳闸，从而断开电源，保护人身不受触电的危害。

值得注意的是，在同一三相四线制系统中，不允许一部分电动机设备的外壳采用保护接地而另一部分的电气部分的外壳采用保护接零。

埋设接地装置的接地极可采用较粗的钢管、角钢等金属物，钢管壁厚最好不少于 3.5mm，长度一般在 2 ~ 3m 之间，但不能小于 2m。接地极应垂直埋入地下，如图 7-18所示。为了便于打入地下，接地极前端做成尖状。为减少接地电阻，接地极的数目要在三个以上，最好埋在地下形成三角形，并将其连为一体。在它们周围加些降阻剂。最后把接地体周围保护起来，尽量避免行人触及。

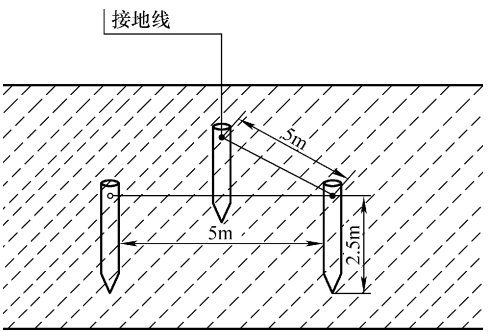


图 7-18　接地体的安装

7.3.3　电动机的使用

使用三相异步电动机时，应注意以下几点：

1）在使用三相异步电动机之前，要详细对照铭牌，按照铭牌所载电压、频率、功率、转速等规格与实际配套使用要求相一致。

2）在使用电动机前，要进行外部机械检查，注意各

部件是否完好，螺钉是否松动，检查有无杂物，转子是否能灵活转动，可用手轻轻转动转子，检查轴承润滑情况，有无杂音与摩擦，然后根据情况进行修配。

3）在使用电动机前，应用 500V 绝缘电阻表检查电动机绝缘情况，电动机绝缘电阻值大于 0.5MΩ 后方能使用，低于 0.5MΩ 要进行烘干处理。干燥方法是，如果有烘箱，可将电动机拆开后，放入烘箱中烘烤，无这种条件时，可将转子取出并将其立放（注意不要使硬物损伤线圈），用 150W 的灯泡放进电动机定子中间，进行烘干处理，并加盖厚布。如果电动机较大，温度高低可用增减灯泡数来调节。电动机应在温度 70 ~ 80℃ 下烘 7 ~ 8h，如图 7-19所示。

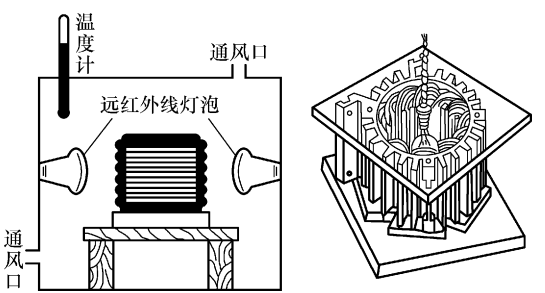


图 7-19　电动机的烘干

4）检查电路电压与电动机额定电压是否相符，电路电压的变动不应超出电动机额定电压的 ±5% 。

5）检查电路连接是否正确，各接触点是否接触良好，保护装置是否完好，熔丝额定电流应为电动机额定电流的1.5～2.5倍。

6）电动机应妥善接地，接线盒内右下方有专门的接地螺钉，应把接地线接在此螺钉上。

7）电动机允许用联轴器、正齿轮及带轮传动，但对4kW以上的两极电动机不宜采用带传动。如必须用带传动，可适当增加V带的根数。

8）对立式安装的电动机，轴伸端除带轮外不允许再带其他任何轴向负载装置。

9）如果用带轮传动，必须检查两转轴中心线是否平行，传动带松紧要适当，过紧会使电动机轴加快损坏，过松则容易使传动带打滑。

10）如果用联轴器直接耦合，应注意两转轴中心线要在一条直线上，否则易使轴承损坏或使电动机发生振动。

11）在电动机检查完毕后，应按照电动机铭牌上的接线方式将电动机与电源连接好，然后使其空载运转，查看旋转方向与实际要求是否一致，如果不一致，可将电源先断开，然后打开接线盒，再将电源引入线的任意两根换接一下。然后空载运转15min，运转中注意观察有无不正常的声音，有无轴承漏油及电动机发热现象。

12）电动机在使用过程中，应经常注意防潮防尘，保持电动机风道畅通，所有机械连接部分要紧固牢靠，电

气接触点要保持清洁，接触良好。

13）电动机在起动前应尽量减轻负载，减压起动时可采用星–三角减压起动器或自耦减压起动器起动。

14）经常使用的电动机，应保持每半年左右进行一次检修，清洗加油，以保证润滑良好。

15）拆卸电动机前，从轴伸端或非轴伸端取出转子较为便利，在抽出或装入转子时，必须特别注意不要碰伤定子绕组和擦伤铁心表面。如果电动机气隙较大，可先在转子与定子之间塞入薄纸板，以起到防护作用。用钢丝绳吊出转子时，转子上拴钢丝绳的地方必须衬以木垫，以防转子损坏或钢丝绳在转子上滑动。另外在改拴吊绳时，不得把转子放在定子铁心上，而应在轴端垫木衬垫，有风扇的电动机转子应从风扇端抽出。

16）更换绕组时，必须记下原绕组线圈的形式、尺寸、匝数和线径，并按照正规方法更换绕组。

7.3.4　电动机定子绕组首、尾端的判别

1. 利用交流电源和灯泡判别电动机三相绕组头尾

当分不清三相电动机各绕组的头尾时，可用下述简单方法来确定。

首先用 36V 低压灯做试灯，分出电动机每一相绕组的两个线端，然后将两相绕组串联后通入 220V 电源，剩下的一相绕组两端接 36V 的灯泡，如果灯泡发亮，说明串联的两相是头尾相接；灯泡不亮，说明是头头相接，如图 7-20 所示，然后将测出的两相绕组头尾做一标记，再

按此方法将其中一相与原来接灯泡的一相绕组串联，另一相连接灯泡，再按上述方法即可分出三相电动机绕组的头尾。

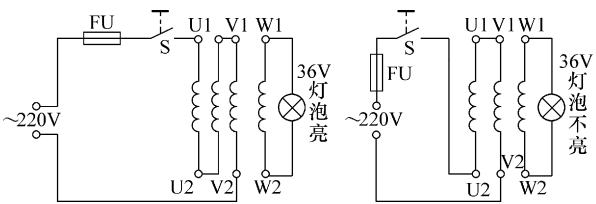


图 7-20　利用交流电源和灯泡判别电动机三相绕组头尾

2. 用万用表判断电动机三相绕组的头尾

利用万用表也可方便地判断出电动机三相绕组的头尾。首先用万用表电阻挡测量出电动机六个接线端中哪两个接线端为同一相。然后，将万用表的直流毫安挡放到最小一挡，并将表笔接到三相绕组中某一相的两端，再将干电池正负极接到另一相的两个线端上，如图 7-21 所示，当开关 S 闭合瞬间，如果指针指示电流为正值，则把电池负极所接的线端与万用表正极表笔所接的线端定为同极性的（均可认定为头）。依此类推，便可方便地找出另外两相的头和尾。

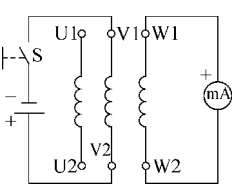


图 7-21　利用万用表判断电动机三相绕组的头尾

7.3.5　电动机的接线

电动机接线盒内的接线方式有△联结（三角形联结）和Y联结（星形联结）两种方式。当铭牌上标有 220/380V、△/Y字样时，表示电源电压如果为220V 三相交流电时，定子绕组为△联结，如果接入电源电压为 380V 时，定子绕组应接成Y联结。接线方式不允许任意更改。目前 Y 系列电动机 3kW 及以下为Y联结，4kW 以上均为△联结，电动机的额定线电压为 380V。

电动机接线盒内有上下两排 6 个接线头，规定上排 3 个接线端子自左至右的编号为 U1、V1、W1，下排 3 个接线端子自左至右编号为 W2、U2、V2，如图 7-22a 所示。

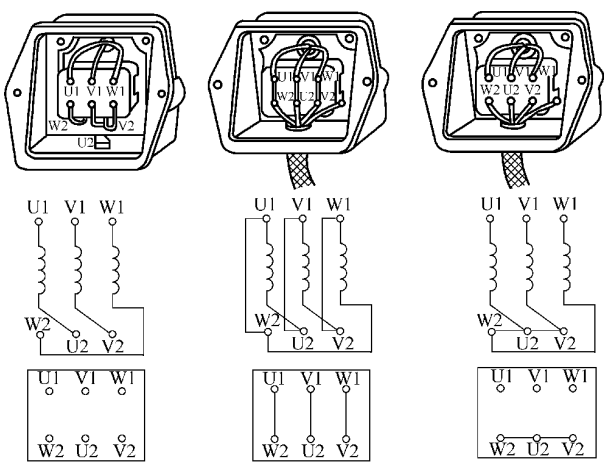


图 7-22　电动机的接线

当采用丫联结时，按图 7-22c 所示方法连接，将三相绕组的尾端 W2、U2、V2 用短接铜片连在一起，首端 U1、V1、W1 分别接三相电源。

当采用△联结时，按图 7-22b 所示方法连接，将电动机接线盒内的接线端子上、下两两用短接铜片连接，再分别把三相电源接到 U1、V1、W1 上。也就是将三相定子绕组的第一相的尾端 U2 接到第二相的首端 V1，第二相的尾端 V2 接到第三相的首端 W1，第三相的尾端 W2 接到第一相的首端 U1。然后把来自开关的三根导线的线头，分别与 U1、V1、W1 连接。如果出现电动机反转，可把任意两相线头对换接线端子位置，即会正转。

7.4　三相异步电动机的电气控制

7.4.1　电动机全压起动控制

将电源电压全部加在电动机绕组上进行的起动叫做全压起动，也叫做直接起动。在笼型异步电动机的全压起动中，起动电流是额定电流的 4 ~ 7 倍，对功率较大的电动机，势必导致电网电压的严重下跌，不仅使电动机起动困难、缩短寿命，而且影响其他用电设备的正常运行。所以电动机能进行全压起动的条件是电动机功率比电力变压器容量要小得多。如果变压器为一个单位专用，允许电动机直接起动的功率可达变压器容量的 30%。如果变压器为某一台电动机专用，允许电动机直接起动的功率为变压器容量的 70%。如果电动机频繁起动或变压器带有照明负

载时，则允许直接起动的电动机功率应小于变压器容量的 70%。

1. 手动正转控制

利用封闭式负荷开关或开启式负荷开关的控制电路如图 7-23 所示。在一般工厂中使用的三相电风扇及砂轮机等设备常采用这种控制电路。这种电路最简单且非常实用。图中 QS 表示封闭式负荷开关（或开启式负荷开关）。当合上封闭式负荷开关，电动机就能转动，从而带动生产机械旋转。拉闸后，熔断器就脱离电源，以保证安全。

2. 采用转换开关的控制

转换开关控制电路如图 7-24 所示。图中 QS 为转换开关，也叫做组合开关。它的作用是引入电源或控制小功率电动机的起动和停止。

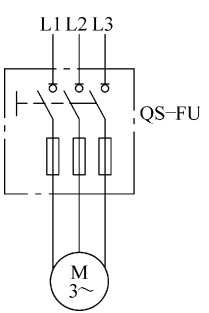


图 7-23　手动正转控制

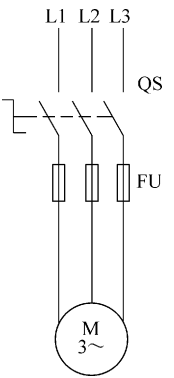


图 7-24　采用转换开关的控制

转换开关电流容量比封闭式负荷开关的要小一些，常用于小型台钻、砂轮机、机床的主轴电动机和冷却泵电动机的全压起动控制。

3. 点动控制

在工业生产过程中，常会见到用按钮点动控制电动机起停。它多适用在快速行程以及地面操作桥式起重机等场合。其控制电路如图 7-25 所示。当需要电动机工作时，按下按钮 SB，交流接触器 KM 线圈获电吸合，使三相交流电源通过接触器主触头与电动机接通，电动机便起动运行。当放松按钮 SB 时，由于接触器线圈断电，吸力消失，接触器便释放，电动机断电停止运行。

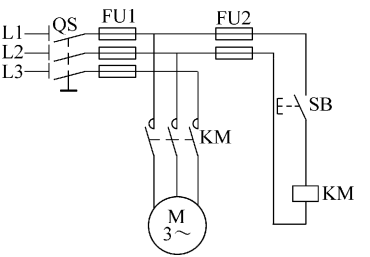


图 7-25　用按钮点动控制电动机起停

4. 具有自锁功能的正转控制

对需要较长时间运行的电动机，用点动控制是不方便的。这就需要具有自锁功能的正转控制，电路如图 7-26 所示。当起动电动机时合上电源开关 QS，按下起动按钮 SB1，接触器 KM 线圈获电，KM 主触头闭合使电动机 M 运转；松开 SB1，由于接触器 KM 常开辅助触头闭合自锁，控制电路仍保持接通，电动机 M 继续运转。停止时

按 SB2，接触器 KM 线圈断电，KM 主触头断开，电动机 M 停转。

具有自锁功能的正转控制电路的另一个重要特点是它具有欠电压与失电压（或零电压）保护作用。

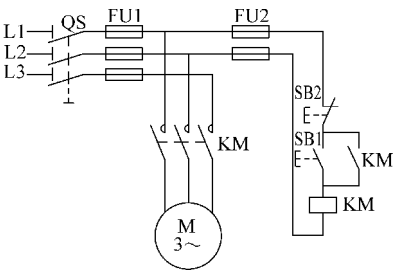


图 7-26　具有自锁功能的正转控制

5. 具有过载保护的正转控制

有很多生产机械因负载过大、操作频繁等原因，使电动机定子绕组中长时间流过较大的电流，有时熔断器在这种情况下未及时熔断，以致引起定子绕组过热，影响电动机的使用寿命，严重时甚至会烧坏电动机。因此，对电动机还必须实行过载保护。

具有过载保护的正转控制电路如图 7-27 所示。当电动机过载时，主电路热继电器 FR 所通过的电流超过额定电流值，使 FR 内部热元件发热，其内部双金属片弯曲，推动 FR 常闭触头断开，接触器 KM 的线圈断电释放，电动机便脱离电源停转，起到了过载保护作用。

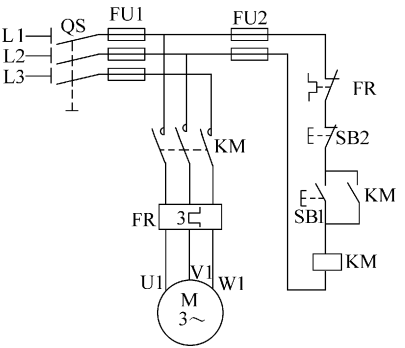


图 7-27　具有过载保护的正转控制

7.4.2　电动机正反转控制

在生产实际中，有的生产机械需要两个方向的转动，这就要求电动机应具有正反转功能。如建筑工地的卷扬机需要上、下起吊重物，电动葫芦行车前进或后退等。电动机的正反转控制是利用控制电路的切换功能，改变电动机输入的电源相序来实现电动机的正反转的。

1. 采用倒顺开关的正反转控制

控制电路如图 7-28 所示。倒顺开关有六个接线桩：L1、L2 和 L3 分别接三相电源，U1、V1 和 W1 分别接电动机。倒顺开关的手柄有三个位置。当手柄处于停止位置时，开关的两组动触片都不与静触片接触，所以电路不通，电动机不转。当手柄拨到正转位置时，A、B、C、F 触片闭合，电动机接通电源正向运转，当电动机需向反方

向运转时，可把倒顺开关手柄拨到反转位置上，这时 A、B、D、E 触片接通，电动机换相反转。

在使用过程中，电动机从正转变为反转时，必须先把手柄拨至停转位置，使它停转，然后再把手柄拨至反转位置，使它反转。

倒顺开关一般适用于 4.5kW 以下的电动机控制电路。

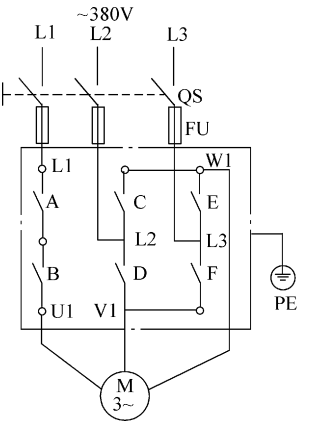


图 7-28　采用倒顺开关的正反转控制

2. 按钮联锁的正反转控制

电路如图 7-29 所示，它采用了复合按钮，按钮互锁连接。当电动机正向运行时，按下反转按钮 SB3，首先是使接在正转控制电路中的 SB3 的常闭触头断开，于是，正转接触器 KM1 的线圈断电释放，触头全部复原，电动机断电但做惯性运行，紧接着 SB3 的常开触头闭合，使反转接触器 KM2 的线圈获电动作，电动机立即反转起动。这既保证了正反转接触器 KM1 和 KM2 不会同时通电，又可不按停止按钮而直接按反转按钮进行反转起动。同样，由反转运行转换成正转运行，也只需直接按正转按钮。

这种电路的优点是操作方便，缺点是如正转接触器主

触头发生熔焊、分断不开时，直接按反转按钮进行换向，会产生短路事故。

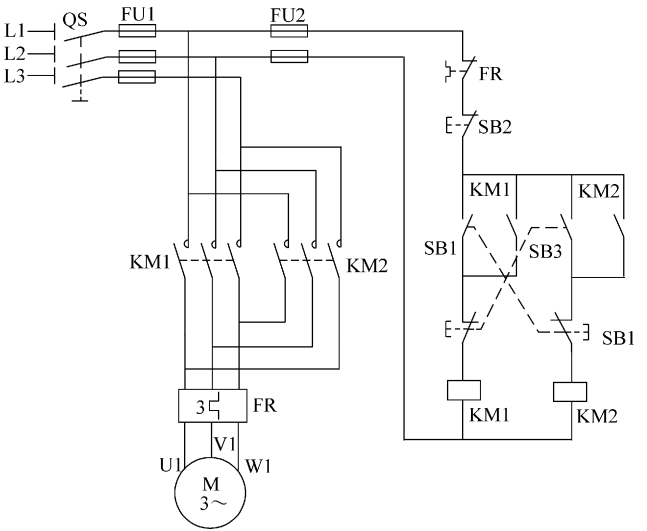


图 7-29　按钮联锁的正反转控制

3. 接触器联锁的正反转控制

图 7-30 所示为接触器联锁正反转控制电路。图中采用了两个接触器，即正转用的接触器 KM1 和反转用的接触器 KM2，由于接触器的主触头接线的相序不同，所以当两个接触器分别工作时，电动机的旋转方向相反。

电路要求接触器不能同时通电。为此，在正转与反转

控制接触器 KM1、KM2 线圈电路中分别串联了 KM2 和 KM1 的常闭触头，以保证 KM1 和 KM2 不会同时通电。

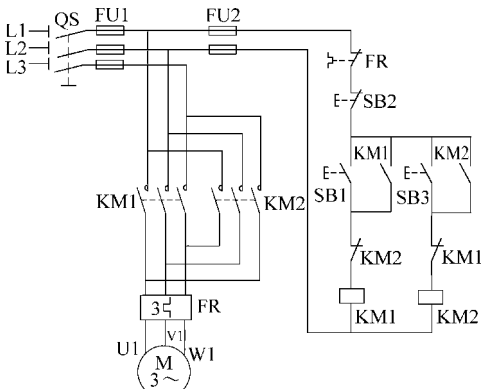


图 7-30　接触器联锁的正反转控制

4. 按钮、接触器复合联锁的正反转控制

图 7-31 所示为复合联锁正反转控制电路，它集中了按钮联锁、接触器联锁的优点，即当正转时，不用按停止按钮即可反转，又可避免因接触器主触头发生熔焊分断不开而造成的短路事故。

5. 自动往返控制

在有些生产机械中，要求工作台在一定距离内能自动往返循环运动，以便对工件进行连续加工。

图 7-32 所示为工作台自动往返控制电路。按下 SB1，接触器 KM1 线圈获电而动作，电动机起动正转，通过机

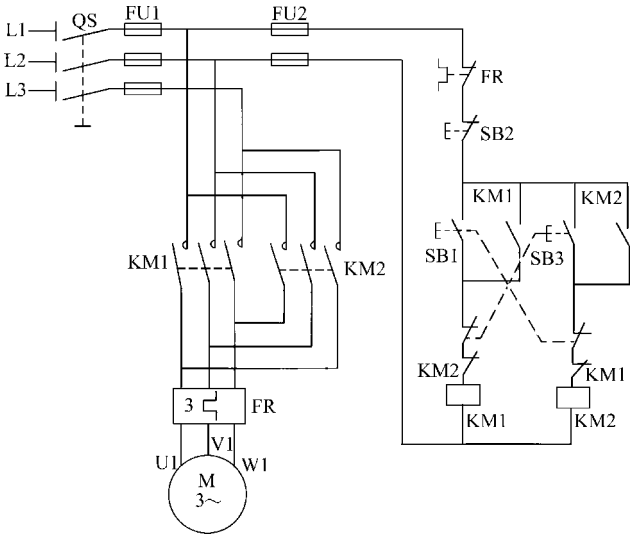


图 7-31　按钮、接触器复合联锁的正反转控制

械传动装置拖动工作台向左运动；当工作台上的挡铁碰撞行程开关 SQ1（固定在床身上）时，其常闭触头断开，接触器 KM1 线圈断电释放，电动机断电；与此同时 SQ1 的常开触头闭合，接触器 KM2 线圈获电动作并自锁，电动机反转，拖动工作台向右运动；这时行程开关 SQ1 复原。当工作台向右运动行至一定位置时，挡铁碰撞行程开关 SQ2，使常闭触头断开，接触器 KM2 线圈断电释放，电动机断电，同时 SQ2 常开触头闭合，接通 KM1 线圈电路，电动机又开始正转。这样往复循环直到工作完毕。按下停

止按钮 SB2，电动机停转，工作台停止运动。

另外，还有两个行程开关 SQ3、SQ4 安装在工作台往返运动的方向上，它们处于工作台正常的往返行程之外，起终端保护作用，以防 SQ1、SQ2 失效，造成事故。

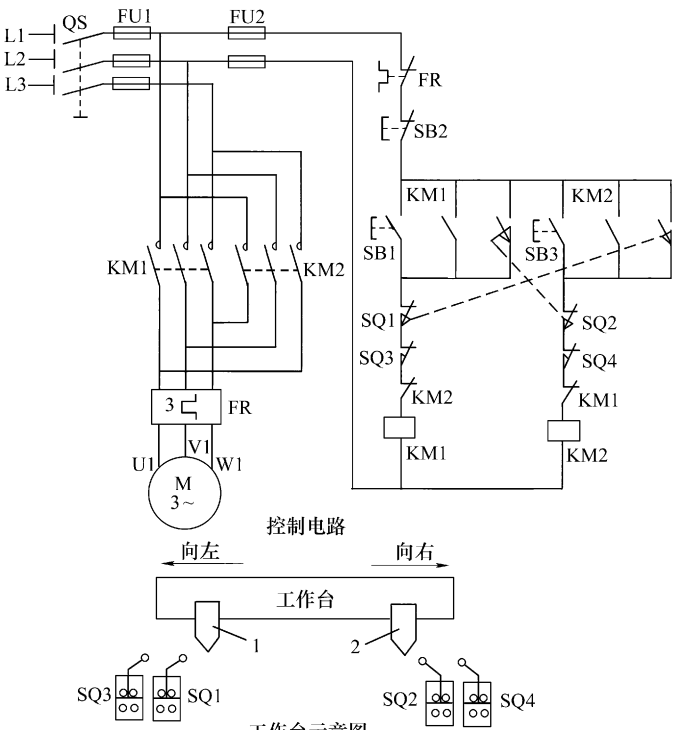


图 7-32　自动往返控制

7.4.3　电动机减压起动控制

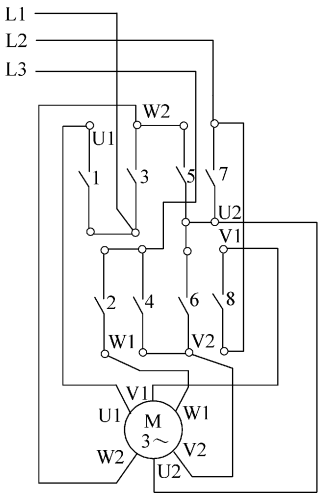
对功率较大的电动机的起动，为了不造成电网电压的大幅度降落，从而导致电动机起动困难或不能起动，也不影响电网内其他用电设备的正常供电，在生产技术上，多采用减压起动措施。所谓减压起动是将电网电压适当降低后加到电动机定子绕组上进行起动，待电动机起动后，再将绕组电压恢复到额定值。

减压起动的目的是减小电动机起动电流，从而减小电网供电的负载。由于起动电流的减小，必然导致电动机起动转矩下降，因此凡采用减压起动措施的电动机，只适合空载或轻载起动。在实际中，广泛应用的减压起动措施是星–三角减压起动。

1. 手动Y-△减压起动控制

Y-△（星形–三角形）减压起动的特点是操作方便、电路结构简单，起动电流是直接起动时的 1/3。星形–三角形减压起动只适用于电动机在空载或轻载情况下起动。

图 7-33 所示为手动Y-△减压起动控制电路。图中 L1、L2 和 L3 接三相电源，U1、V1、W1、U2、V2 和 W2 接电动机。当手柄转到“0”位时，八副触头都断开，电动机断电不运转；当手柄转到“Y”位置时，1、2、5、6、8 触头闭合，3、4、7 触头断开，电动机定子绕组接成星形减压起动；当电动机转速上升到一定值时，将手柄扳到“△”位置，这时 1、2、3、4、7、8 触头接通，5、6 触头断开，电动机定子绕组接成三角形正常运行。



触头	手柄位置		
	0	Y	△
1		通	通
2		通	通
3			通
4			通
5		通	
6		通	
7			通
8		通	通

图 7-33　手动Y-△减压起动控制电路

2. 采用时间继电器的Y-△减压起动控制

为了操作方便，有时需要使用时间继电器来自动切换Y-△减压起动器，电路如图 7-34 所示。工作原理如下：

先合上电源开关 QS，按起动按钮 SB1，KM2、KT 线圈获电，KM2 常开触头闭合，KM1 线圈获电，KM1 和 KM2 主触头闭合，电动机接成星形减压起动。随着电动机转速的升高，起动电流下降，这时时间继电器 KT 常闭触头延时断开，KM2 线圈断电，KM3 线圈获电，KM3 主触头闭合，电动机接成三角形正常运行，这时时间继电器 KT 线圈也断电释放。

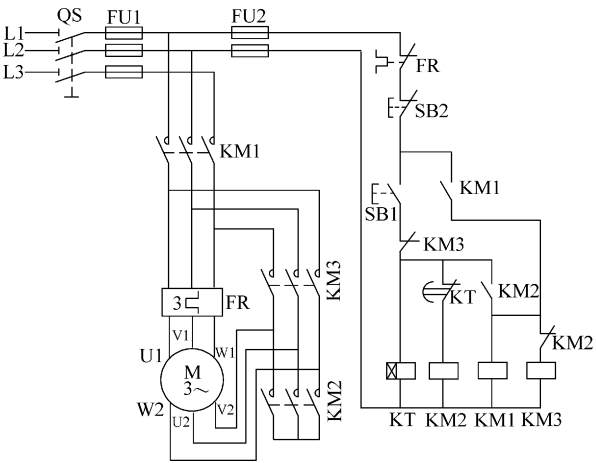


图 7-34　采用时间继电器的Y-△减压起动控制电路

3. 自耦变压器减压起动手动控制

自耦变压器减压起动是笼型异步电动机减压起动方法之一。它具有结构紧凑，不受电动机绕组接线方式限制的优点，还可按容许的起动电流和所需要的起动转矩选用不同的自耦变压器电压抽头，故适用于功率较大的电动机。

其工作原理如图 7-35 所示。起动电动机时，将手柄推向起动位置，此时三相交流电源通过自耦变压器与电动机相连接。待起动完毕后，把手柄打向运行位置切除自耦变压器，使电动机直接接到三相电源上，电动机正常运转。此时失电压继电器 KV 线圈得电吸合，通过联锁机构

保持手柄在运行位置。停转时，按下按钮 SB 即可。

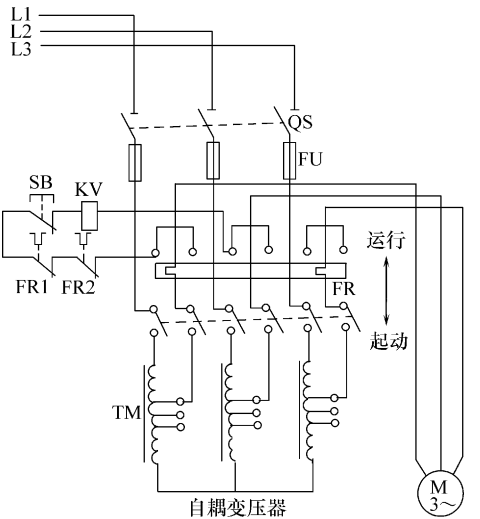


图 7-35　自耦变压器减压起动手动控制电路

自耦变压器二次侧设有多个抽头，可输出不同的电压。一般自耦变压器二次电压是一次的 40%、65%、80%等，可根据起动转矩需要选用。

4. 自耦变压器减压起动自动控制

自耦变压器减压起动的自动控制电路如图 7-36 所示。

电路的工作原理如下：合上电源开关 QS，按下按钮 SB1，接触器 KM1 线圈获电，KM1 主触头闭合，自耦变压器 TM 接成 Y 形。KM1 常开触头闭合，使得接触器

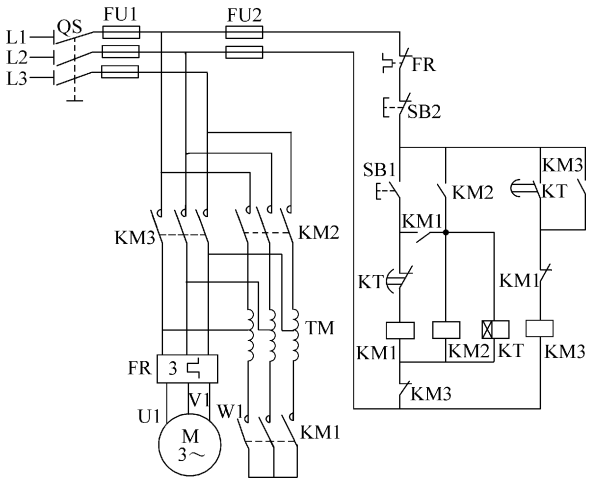


图 7-36　自耦变压器减压起动自动控制电路

KM2 和时间继电器 KT 线圈获电，KM2 主触头闭合，常开触头闭合自锁，电动机串入自耦变压器减压起动。经过一定时间后，时间继电器 KT 常闭触头延时断开，接触器 KM1 线圈断电，KM1 主触头、常开触头断开，常闭触头闭合。KT 常开触头延时闭合，接触器 KM3 线圈获电，KM3 主触头、自锁触头闭合，电动机 M 全电压运行。同时 KM3 常闭触头断开，接触器 KM2 线圈断电，KM2 主触头断开，将自耦变压器切除。

5. 绕线转子异步电动机转子串电阻起动控制

图 7-37 所示为绕线转子异步电动机串电阻起动控制

电路。它根据电动机转子电流的大小变化，利用电流继电器控制串联电阻的切除，把起动电流控制在一定范围内，提高起动转矩。

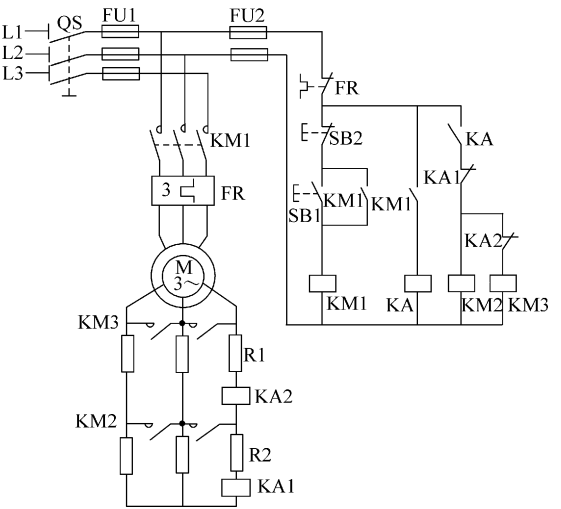


图 7-37　绕线转子异步电动机转子串电阻起动控制电路

图中，KA1 和 KA2 是电流继电器，其线圈串接在转子电路中。这两个电流继电器的吸合电流的大小相同，但释放电流不一样，KA1 的释放电流大，KA2 的释放电流小，刚起动时，转子绕组中起动电流很大，电流继电器 KA1 和 KA2 都吸合，它们接在控制电路中的常闭触头都断开，转子绕组的外接电阻全部接入；待电动机的转速升

高后，转子电流减小，电流继电器 KA1 先释放，KA1 常闭触头恢复闭合，使接触器 KM2 线圈获电吸合，转子电路中 KM2 的常开触头闭合，切除电阻器 R2；当电阻器 R2 被切除后，转子电流重新增大，但当转速继续上升时，转子电流又会减小，使电流继电器 KA2 释放，它的常闭触头又恢复闭合，接触器 KM3 线圈获电吸合，转子电路中 KM3 的常开触头闭合，把第二级电阻器 R1 又短接切除，电动机起动完毕并正常运转。

中间继电器 KA 的作用是保证起动时全部电阻器都接入，只有在中间继电器 KA 线圈获电，KA 的常开触头闭合后，接触器 KM2 和 KM3 线圈方能获电，然后才能逐级切除电阻器，这样就保证了电动机在串入全部电阻器下起动。

7.4.4　电动机制动控制

运行中的电动机在切断电源后，由于惯性作用，总是要经过一定的时间才能停止运转。这对于某些要求定位准确、需要限制行程的生产机械是不适合的，如起吊重物的起重机，机床上需要迅速停车、反转的机构等，它们都要求电动机分断电源后立即停转。技术上，让电动机断开电源后迅速停转的方法叫做制动。使电动机制动的方法有多种，应用广泛的有机械制动和电气制动两类。

1. 电磁制动器制动控制

机械制动是利用机械装置使电动机在切断电源后迅速停转。采用比较普遍的机械制动设备是电磁制动器。电磁

制动器主要由两部分组成，即制动电磁铁和制动闸瓦。

电磁制动器制动的控制电路与制动原理如图 7-38 所示。当按下按钮 SB1，接触器 KM 线圈获电动作，电动机通电。电磁制动器的线圈 YB 也通电，铁心吸引衔铁而闭合，同时衔铁克服弹簧拉力，迫使制动杠杆向上移动，从而使制动器的闸瓦与闸轮松开，电动机正常运转。按下停止按钮 SB2 之后，接触器 KM 线圈断电释放，电动机的电源被切断，电磁制动器的线圈也同时断电，衔铁释放，在弹簧拉力的作用下使闸瓦紧紧抱住闸轮，电动机就迅速被制动停转。

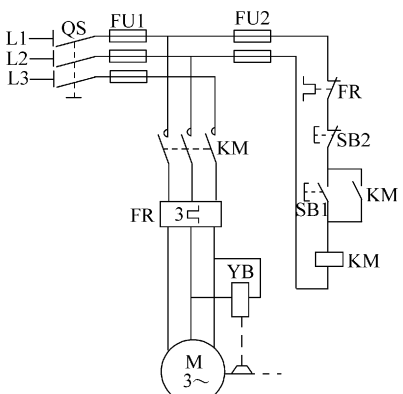


图 7-38　电磁制动器制动控制电路

这种制动在起重机械上以及要求制动较严格的设备上被广泛采用。当重物吊到一定高度，电路突然发生故障断

电时，电动机断电，电磁制动器线圈也断电，闸瓦立即抱住闸轮，使电动机迅速制动停转，从而可防止重物掉下。另外，也可利用这一点将重物停留在空中某个位置上。

2. 改进的电磁制动器制动

图 7-39 所示电路能避免电动机在起动前瞬间存在的异步电动机的短路运行工作状态，即当按起动按钮 SB1 后，接触器 KM1 线圈获电动作，电磁制动器线圈 YB 获电，闸瓦先松开闸轮，然后接触器 KM2 线圈获电动作，电动机 M 才获电起动。

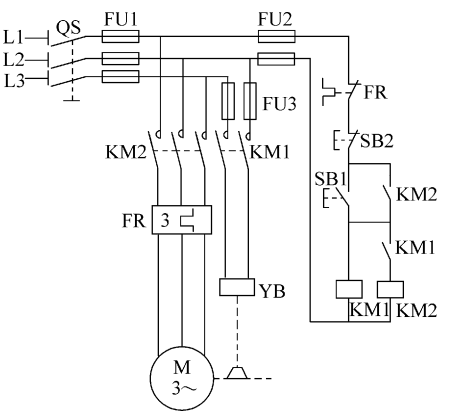


图 7-39　改进的电磁制动器制动控制电路

3. 反接制动控制

图 7-40 所示为单向反接制动控制电路。起动时，合上电源开关 QS，按起动按钮 SB1，接触器 KM1 线圈获电，

KM1 主触头闭合，电动机 M 起动运转。当电动机转速升高到一定数值时，速度继电器 KS 的常开触头闭合，为反接制动作准备。

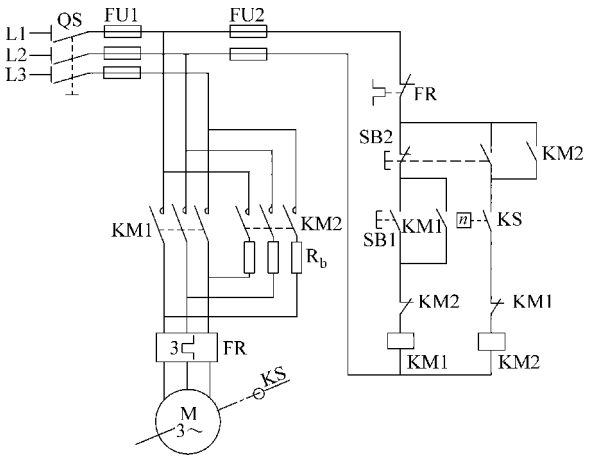


图 7-40　反接制动控制电路

停车时，按停止按钮 SB2，接触器 KM1 线圈断电释放，而接触器 KM2 线圈获电，KM2 主触头闭合，串入电阻器 R_b 进行反接制动，电动机产生一个反向电磁转矩，即制动转矩，迫使电动机转速迅速下降；当转速降至 100r/min 以下时，速度继电器 KS 的常开触头断开，接触器 KM2 线圈断电释放，电动机断电，防止了反向起动。

由于反接制动时转子与定子旋转磁场的相对速度接近于两倍的同步转速，所以定子绕组中流过的反接制动电流相当于全压直接起动时电流的两倍。为此，一般功率在4.5kW以上的电动机采用反接制动时，应在主电路中串接一定的电阻器，以限制反接制动电流。这个电阻器称为反接制动电阻器，用 R_b 表示。

4. 全波整流能耗制动控制

全波整流能耗制动控制电路如图7-41所示。当按下起动按钮SB1时，线圈KM1获电，主触头和常开辅助触头闭合自锁，电动机起动运行。

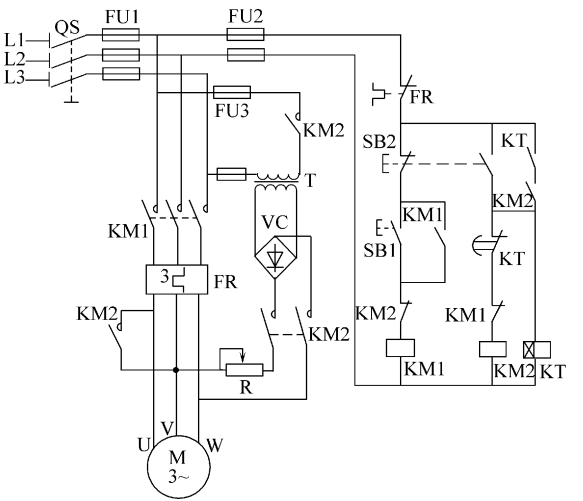


图7-41　全波整流能耗制动控制电路

停车时，按下停止按钮 SB2，KM1 线圈断电，KM1 自锁触头断开，电动机断电作惯性运转，同时 KM1 常闭触头闭合，线圈 KM2 获电，KM2 主触头和常开触头闭合，电动机绕组通入全波整流直流电进行制动。KM2 线圈获电同时，时间继电器 KT 线圈也获电动作，其常开触头闭合，使 KM2 和 KT 线圈自锁，时间继电器 KT 延时断开常闭触头延时动作。经过一定时间后，时间继电器延时断开常闭触头断开，使线圈 KM2 断电，切断直流电源，制动结束。

7.5　三相异步电动机的维护和检查

7.5.1　电动机的维护

1. 电动机使用前的准备工作

为了确保电动机的正常运转，减少不必要的机械电气损坏，使电气设备的故障消除在发生之前，电动机在使用前要做好以下准备工作：

1）首先清除电动机及其周围的尘土杂物，用 500V 绝缘电阻表测量电动机相间以及三相绕组对地绝缘电阻，测得的电阻值不应小于 0.5MΩ，否则应对电动机进行干燥处理，使绝缘达到要求后方能使用。

2）核对电动机铭牌是否与实际的各项数据配套，如接线方法是否正确，功率是否配套，电压是否相符，转速是否符合要求。

3）检查电动机各部件是否齐全，装配是否完好。

4）检查电动机转子并带上机械负载，看其转动是否灵活。

5）检查电动机以及起动设备的金属外壳接地是否良好。

6）检查电动机所配的传动带是否过紧或过松，或是联轴器螺钉、销子是否牢固，对于电动机与机械对轮的配合要检查间隙是否合适。

7）检查电动机接线头是否有松动现象以及有无发热氧化迹象。

8）检查起动电器的部件是否安全，机械动作结构是否灵活，触头是否接触良好，接线是否牢固正确。

9）检查电动机所配熔体规格大小与电动机是否配套，安装接触是否牢固。

10）检查电动机所配接的过电流保护热元件的整定值是否与电动机的额定电流配套。

11）检查电源是否正常，有无断相现象，电压是否过高或过低，只有在电源电压符合要求时方能起动电气设备。

12）检查电动机安装校正是否正确，质量是否可靠。

13）在准备起动电动机之前还应通知在机械传动部件附近的人员远离，确定电气设备以及机械设备无误的情况下，通知操作人员按操作规程起动电动机。

2. 起动电动机时应注意的问题

起动电动机时，要注意以下几个问题：

1）在电动机接通电源后，发现电动机不转，应立即断开电源，查明原因，方能再次起动，不允许带电检查电动机不转的原因。

2）如果采用补偿器（自耦减压起动器）起动或利用Y-△转换器起动电动机，特别要注意按操作顺序进行操作，用补偿起动时，要先将手柄推到“起动”位置，待电动机转速稳定后，再迅速拉到“运转”位置。如是经Y-△转换器起动，应先按下“起动”按钮，待起动完毕再按下“运转”按钮。对大型电动机起动更要严防误操作。

3）在同一电路上的电动机，特别是功率较大的电动机，不允许同时起动。应按操作顺序起动或由大到小逐台起动，以免多台同时起动使电路电流激增，造成电压过低、起动困难或断路器跳闸等不良后果。

4）电动机起动后要观察电动机的旋转方向是否符合机械负载要求，如水泵、浆泵，上面标有方向铭牌，看看是否一致。如是其他机械应注意观察机械传动方向是否正确，如果方向与要求相反，应立即断开电源，将三相电源线中的任意两根线互相调换一下即可。

5）电动机的起动次数应尽可能减少，空载连续起动不能超过每分钟 3 ~ 5 次，电动机长期运行停机后再起动，其连续起动次数不应超过每分钟 2 ~ 3 次。

6）电动机在起动后，要注意观察电路电压是否正常，电动机电流是否正常，三相电流是否平衡，传动负载工作是否正常，运行声音是否正常，如发现问题应及时停

机，待查明原因排除故障后方能运行。

3. 电动机在运行中的监视

电动机在运行中要经常进行监视，特别是对较大型的电动机，在检查运行情况时，要及时发现问题并及时处理，减少不必要的损失。监视内容主要有：

1）经常观察电动机的温度。用手触及外壳，检查电动机是否过热烫手，如发现过热，可用水在电动机外壳上滴几滴，如水急剧汽化，说明电动机显著过热，也可用温度计测量，如发现电动机温度过高，要立即停止运行，查明原因并处理，排除故障后方能继续使用。

2）电流监视。用钳形表测量电动机的电流，对较大的电动机还要经常观察运行中电流是否三相平衡或超过允许值。如果三相严重不平衡或超过电动机的额定电流，应立即停机检查，分析原因，若是负载引起的，应通知有关人员处理，若是电动机本身原因引起的，应及时处理。

3）电压监视。要经常观察运行中的电动机电压是否正常，电动机电源电压过高、过低或严重不平衡，都应停机检查原因。

4）注意电动机有无振动，响声是否正常，电动机是否有焦臭气味，如有其他异常也应停机检修。

5）机组转动监视。检查传动带连接处是否良好，传动带松紧是否合适，机组转动是否灵活，有无卡位、窜动及不正常的现象等。

6）注意电动机的轴承运行声音是否正常，观察有无

发热现象，润滑情况以及摩擦情况是否正常。简易方法可用长柄螺丝刀头放在电动机轴承外的小油盖上，耳朵贴紧螺丝刀柄，细心听轴承运行中有无杂音、振动，以判断轴承运行情况。

7.5.2　电动机的拆卸和装配

为了对电动机进行维护和保养，及时修理电动机故障，电动机的拆卸与装配是电工经常操作的一项工作技能，了解并掌握电动机的正确拆卸步骤与方法，对维修好、装配好电动机大有益处。

1. 电动机的拆卸

电动机在拆卸前，要事先清洁和整理好场地，备齐拆装工具。作好标记，以便装配时各归原位。应作的标记有：①标出电源线在接线盒中的相序。②标出联轴器或带轮与轴台的距离。③标出端盖、轴承、轴承盖和机座的负载端与非负载端。④标出机座在基础上的准确位置。⑤标出绕组引出线在机座上的出口方向。

（1）电动机的拆卸步骤

电动机的一般拆卸步骤如图 7-42 所示。①拆下带轮或联轴器。②拆下前轴承外盖。③拆下前端盖。④拆下风罩。⑤拆下风叶。⑥拆下后轴承外盖。⑦拆下后端盖。⑧拆下转子。⑨拆下前后轴承和前后轴承的内盖。

（2）电动机主要部件的拆卸

1）电动机线头的拆卸。电动机线头的拆卸如图 7-43 所示。切断电源开关后拆下电动机的线头。每拆下一个线

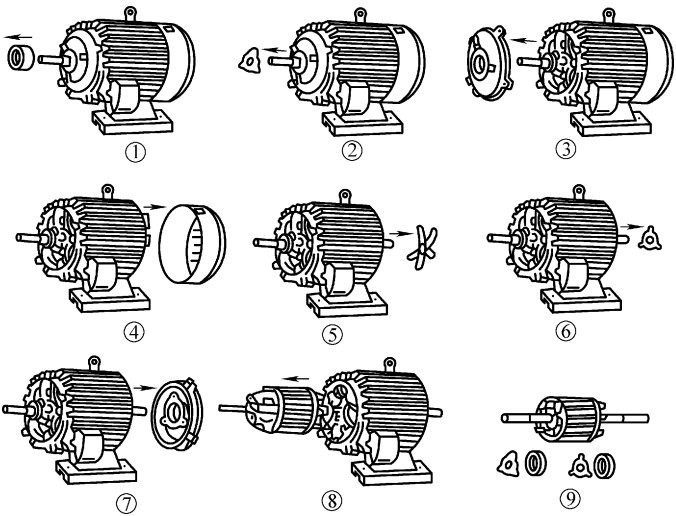


图 7-42　电动机的一般拆卸步骤

头，应随即用绝缘带包好，并把拆下的平垫圈、弹簧垫圈和螺母仍套到相应的接线桩头上，以免遗失。如果电动机的开关较远，应在开关上挂“禁止合闸”的警告牌。

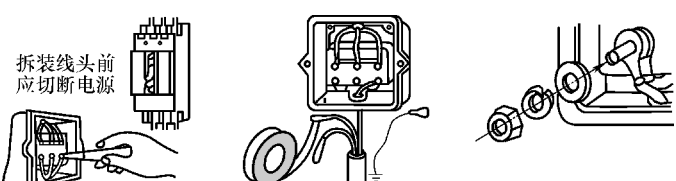


图 7-43　电动机线头的拆卸

2）带轮或联轴器的拆卸。带轮或联轴器的拆卸如图7-44所示。首先用石笔或粉笔标示带轮或联轴器与轴配合的原位置，以备安装时照原来位置装配（见图7-44a）。然后装上顶拔器（顶拔器有两脚和三脚的两种），顶拔器的丝杆顶端要对准电动机轴的中心（见图7-44b）。用扳手转丝杆，使带轮或联轴器慢慢地脱离转轴（见图7-44c）。如果带轮或联轴器使用时间较长而锈死或太紧，不易拉下来时，可在定位螺孔内注入螺栓松动剂（见图7-44d），待数分钟后再拉。若仍拉不下来，可用喷灯将带轮或联轴器四周稍稍加热，使其膨胀后拉出。注意加热的温度不宜太高，以免使轴变形，拆卸过程中，锤子最好尽可能减少直接重重敲击带轮或联轴器的次数，以免带轮碎裂而损坏电动机轴。

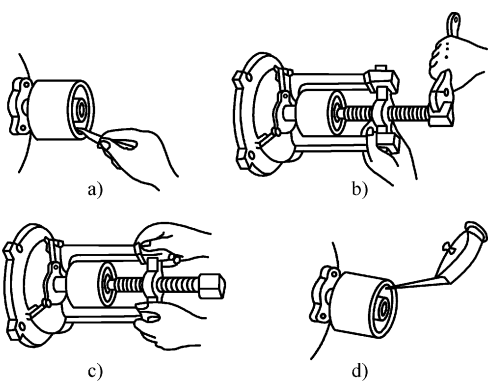


图7-44　电动机带轮的拆卸

3）轴承外盖和端盖的拆卸。轴承外盖和端盖的拆卸如图 7-45 所示。拆卸时先把轴承外盖的固定螺栓松下，并拆下轴承外盖，再松下端盖的紧固螺栓（见图 7-45a）。为了组装时便于对正，在端盖与机座的接缝处要做好标记，以免装错。然后，用锤子敲打端盖与机壳的接缝处，使其松动。接着用螺丝刀插入端盖紧固螺钉襻的根部，把端盖按对角线一先一后地向外扳撬。注意不要把螺丝刀插入电动机内，以免把线圈撬伤（见图 7-45b）。

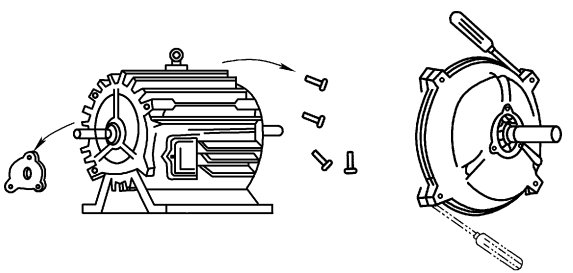
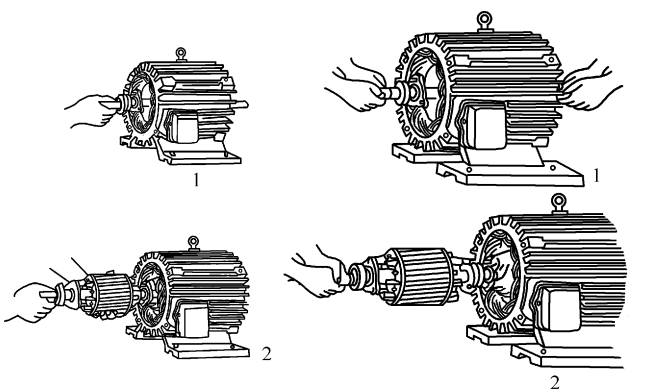


图 7-45　电动机轴承外盖和端盖的拆卸

4）转子的拆卸。电动机的转子很重，拆卸时应注意不要碰伤定子绕组；对于绕线转子异步电动机，还要注意不要损伤集电环面和刷架等。拆卸小型电动机的转子时，要一手握住转轴，把转子拉出一些，随后，用另一手托住转子铁心，渐渐往外移。对于中型电动机，抽出转子时，要两个人各抬转子的一端，慢慢外移，如图 7-46 所示。

对于大型电动机，转子较重，要用起重设备将转子吊出，如图7-47所示。先在转子轴上套好起重用的绳索（见图7-47a），然后用起重设备吊住转子慢慢移出（见图7-47b），待转子重心移到定子外面时，在转子轴下垫一支架，再将吊绳套在转子中间，继续将转子抽出（见图7-47c）。



a）小型电动机转子的拆卸　　b）中型电动机转子的拆卸

图7-46　中小型电动机转子的拆卸

5）轴承的拆卸。电动机轴承的拆卸，首先用顶拔器拆卸。应根据轴承的大小，选好适宜的顶拔器，顶拔器的脚爪应紧扣在轴承的内圈上，顶拔器的丝杆顶点要对准转子轴的中心，扳转丝杆要慢，用力要均匀，如图7-48所示。

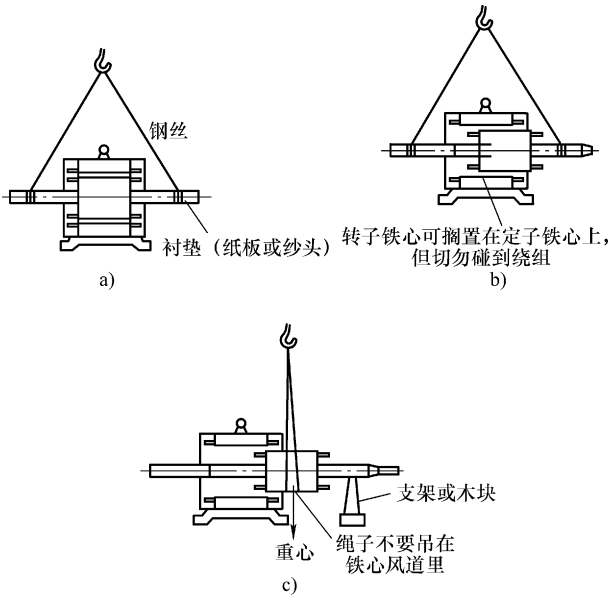


图 7-47　大型电动机转子的拆卸

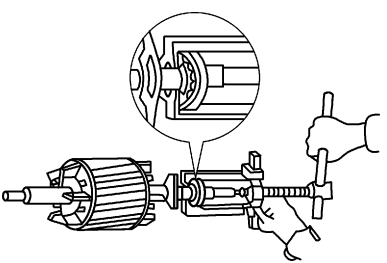


图 7-48　用顶拔器拆卸轴承

在拆卸电动机轴承中，也可用方铁棒或铜棒拆卸，在轴承的内圈垫上适当的铜棒，用锤子敲打铜棒，把轴承敲出，如图 7-49 所示。敲打时，要在轴承内圈四周的相对两侧轮流均匀敲打，不可偏敲一边，用力要均匀。

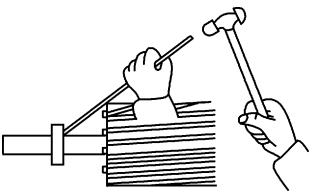


图 7-49　用铜棒拆卸轴承

在拆卸电动机时，若轴承留在端盖轴承孔内，则应采用图 7-50 所示的方法拆卸。先将端盖止口面向上平稳放置，在端盖轴承孔四周垫上木板，但不能抵住轴承，然后用一根直径略小于轴承外沿的套筒，抵住轴承外圈，从上方用锤子将轴承敲出。

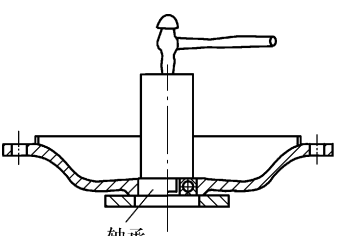


图 7-50　拆卸端盖内轴承

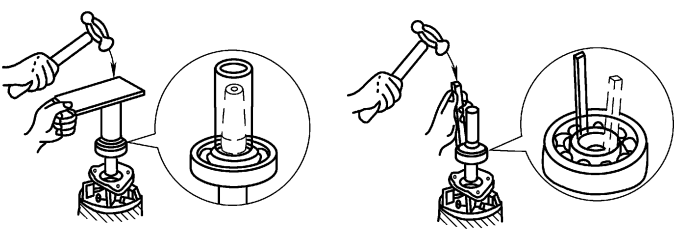
2. 电动机的装配

电动机的装配程序与拆卸时的程序相反。

（1）轴承的装配

装配前应检查轴承滚动件是否转动灵活而又不松旷。再检查轴承内圈与轴颈，外圈与端盖轴承座孔之间的配合情况和光洁程度是否符合要求。在轴承中按其总容量的 1/3 ~ 2/3 的容积加足润滑油，注意润滑油不要加得过多。

将轴承内盖油槽加足润滑油，先套在轴上，然后再装轴承。为使轴承内圈受力均匀，可用一根内径比转轴外径大而比轴承内圈外径略小的套筒抵住轴承内圈，将其敲打到位，如图 7-51a 所示。若找不到套筒，可用一根铜棒抵住轴承内圈，沿内圈圆周均匀敲打，使其到位，如图 7-51b 所示。如果轴承与轴颈配合过紧，不易敲打到位，可将轴承加热到 100℃ 左右，趁热迅速套上轴颈。安装轴承时，标号必须向外，以便下次更换时查对轴承型号。



a）用套管抵住轴承敲打　　b）用铜棒抵住轴承内圈敲打

图 7-51　轴承的装配

（2）端盖的装配

轴承装好后，再将后端盖装在轴上。电动机转轴较短的一端是后端，后端盖应装在这一端的轴承上。装配时，将转子竖直放置，使后端盖轴承孔对准轴承外圈套上，一边缓慢旋转后端盖，一边用木锤均匀敲击端盖的中央部位，直至后端盖到位为止，然后套上轴承外盖，旋紧轴承

盖紧固螺钉，如图 7-52 所示。按拆卸时所作的标记，将转子送入定子内腔中，合上后端盖，按对角交替的顺序拧紧后端盖紧固螺钉。

参照后端盖的装配方法将前端盖装配到位。装配前先用螺丝刀清除机座和端盖止口上的杂物和锈斑，然后装到机座上，按对角交替顺序旋紧螺钉，如图 7-53 所示。

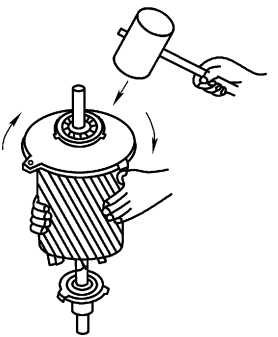


图 7-52　后端盖的装配

（3）带轮或联轴器的装配

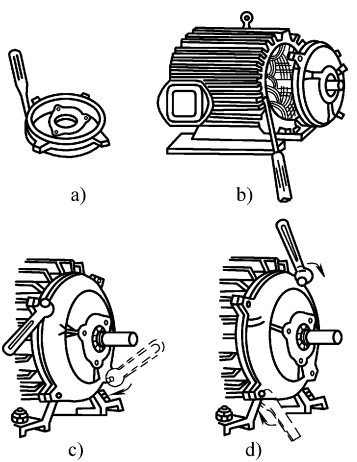


图 7-53　前端盖的装配

带轮或联轴器的装配如图 7-54 所示。首先用细砂纸把电动机转轴的表面打磨光滑（见图 7-54a）。然后对准键槽，把带轮或联轴器套在转轴上（见图 7-54b）。用铁块垫在带轮或联轴器前端，然后用锤子适当敲击，从而使带轮或联轴器套进电动机轴上（见图 7-54c）。再用铁板垫在键的前端，轻轻敲打，使键慢慢进入槽内（见图 7-54d）。

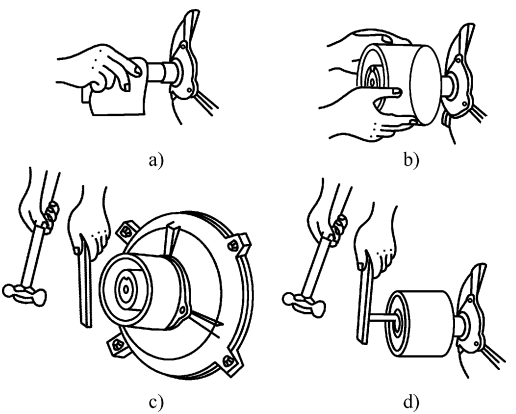


图 7-54　带轮的装配

7.5.3　电动机常见故障的检查

1. 机械方面的故障检查

（1）轴承磨损情况

电动机本身对前后的两套轴承要求是很严格的，轴承

质量的好坏直接影响着电动机本身的工作状况。检查时如果电动机是在运转中，可用螺丝刀的一端触及轴承盖，耳朵贴紧螺丝刀的手柄，细听轴承运行有无杂音、振动等异常声音，如果声音异常，可判断出轴承已有损坏，要停止电动机运转，打开电动机检查。检查轴承小环与大环中间的固架损坏情况，轴承是否卡死损坏，电动机端盖与轴承、轴承与转轴是否配合适当，有无旷动，发现旷动时，要用錾子在转轴上打些痕迹或用铣床在电动机轴上进行辊花处理，再装配轴承。再检查轴承缺油情况，轴承装配是否到位，装配的同心度是否良好，电动机端盖装配是否到位等。

（2）定子转子摩擦状况：首先用手转动电动机转子，仔细听有无摩擦声音，或用手轻轻触及电动机轴和周围部位，即可感觉出有无摩擦现象，另外也可拆开电动机，观察定子铁心表面上有无摩擦后的痕迹，再观察转子上有无摩擦后的痕迹，根据转子铁心上摩擦痕迹的部位来判断造成摩擦的原因。主要原因有：端盖没有上到合适位置、轴承损坏、轴与轴承摩擦、转子与定子间夹有杂物、硅钢片错位串出、电动机旋转磁场变异等。

2. 电动机定子绕组的检查

（1）电动机绕组发生接地的检查

1）用绝缘电阻表查找电动机接地点。电动机绕组出现接地，首先要查出电动机三相绕组中的哪一相接地，或是哪两相接地。先把三相绕组的连接线拆除，然后用

500V 的绝缘电阻表分别对三相绕组进行相间绝缘检测，如果三相绕组之间绝缘良好，再进行对地检测。检测方法是绝缘电阻表一端接通三相绕组的出线一端，另一端触及电动机金属壳的铭牌或触及电动机不生锈的金属外壳上，如图 7-55 所示，如绝缘电阻表的指针为零位，说明该相绕组有接地短路点，为了进一步查出哪个线圈接地，需再将该相绕组中的各线圈间连接过桥线分开，逐步查找。

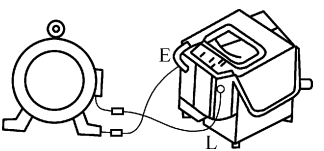


图 7-55　用绝缘电阻表检查电动机接地点

2）用灯泡查找电动机接地点。在农村，有时电工仪表不全，可采用如图 7-56 所示方法进行检测，把交流电 220V 直接串联灯泡后接在电动机外壳及电动机绕组一端（注意零线接电动机外壳，并注意人员不要触及带电部分），若三相绕组中的某一相在触及时灯泡发亮，说明该相绕组有接地故障点，可按照上一条方法查找接地点的具体部位。

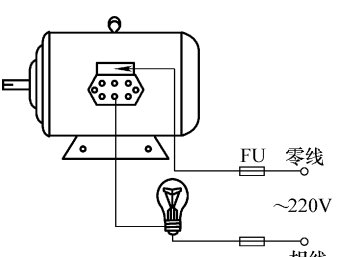


图 7-56　用灯泡检测电动机接地点

3）用耐压机查找电动机接地点。这种方法可直接观

察到接地点的部位，如图 7-57 所示，当耐压机电压逐渐升高时，若绕组线圈有接地故障，线圈接地点便会起弧冒烟，只要仔细观察，就可找出接地点的具体位置。如果接地点在电动机槽内，根据打耐压所产生的“吱吱”声来判断接地点的大概部位，然后取出槽内的槽楔，重新打耐压，直至查出接地点的具体部位。应用这种方法，在打耐压时应注意人身安全，人和设备要保持一定的安全距离，严防触电。

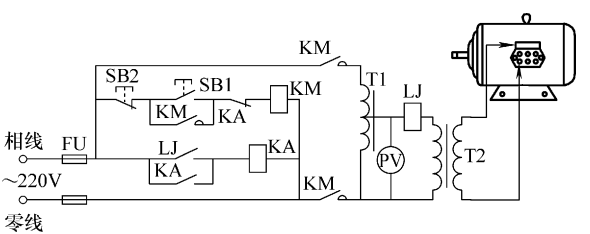


图 7-57　用耐压机检测电动机接地点

（2）电动机绕组短路故障的检查

电动机绕组发生短路会使周围绝缘损坏变色。若是相间短路，用绝缘电阻表可测出，这种故障所产生的后果较严重，从外表上即可观察到短路部位有烧坏的痕迹。

电动机绕组存在匝间短路的检测方法是用短路侦察器查找。把短路侦察器接于 220V 交流电源上，如图 7-58 所示，然后将铁心开口对准被检查线圈所在的槽，这时短路侦察器和定子的一部分组成一个小型“变压器”，短路侦

察器本身的线圈为变压器的一次绕组，而被检测的电动机绕组为变压器的二次绕组，短路侦察器的铁心和定子铁心的一部分组成变压器的磁路。当接上 220V 交流电源后，被检测的定子绕组线圈便会产生感应电动势，若有短路线匝存在，短路线匝中便会有电流通过，反映到短路侦察器的一次电流也比通常要大，并且同时会使电动机定子绕组周围的铁心产生磁场，这时在槽口处放一块薄铁片，短路线圈产生的磁通就会通过铁片形成回路，将铁片吸引在铁心上，并产生振动，这样即可判断出电动机匝间短路点的部位。

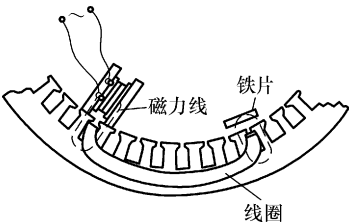


图 7-58　用短路侦察器查找电动机匝间短路

利用短路侦察器检查电动机匝间短路时，必须将定子绕组的多路线圈并联处断开，否则无法判断短路故障点的位置。

检查电动机有无相间短路，首先要将电动机引出线的接线板连接线拆除，然后分别用绝缘电阻表的一端接在某相绕组上，另一端接在另一相绕组上进行测试，在测试中，如果某两相绕组有相间短路点时，绝缘电阻表指针为零。然后依次把这两相绕组的各组线圈之间的连接线拆开逐一进行测试，最终查出发生短路的两组线圈。

（3）电动机绕组断路故障的检查

检查电动机绕组断路也需将电动机接线端子的连接线断开，然后用万用表的低阻挡分别测试三相绕组的通断，若某相绕组断路，则电阻会很大，说明该相绕组断路。为了进一步查出断路点的部位。可用电池与小灯泡串联，一端接于断线绕组首端，另一端接一根钢针，用钢针从断路相的首端起依次刺破绕组绝缘，观察灯泡是否发亮，当刺到某点时，灯泡不亮，则说明断路点在该点的前后之间，如图 7-59 所示。

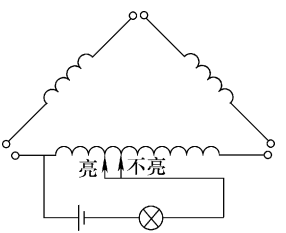


图 7-59　用灯泡查电动机断路点

（4）电动机绕组有否接错线的检查

电动机绕组是否接错线，可用一种简便的方法来检测，如图 7-60 所示。首先将被检查的相绕组两端接上直流电源，然后用指南针沿定子内圈移动，如果绕组线圈没有接错，每当指南针经过该绕组的一组线槽时，它的指向是反向的，并且在旋转一周时，方向改变次数正好与极数相等，如果指南针经过某组线槽时，指针不反向，或是指向不定，则说明该组线圈有接错处。

3. 转子故障的检查

电动机转子通常较少出现故障，但有时也会发生笼型转子铝条断裂等故障。打开电动机，抽出电动机转子仔细

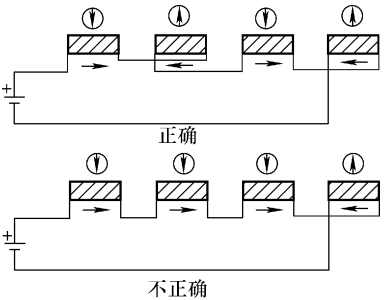


图 7-60　利用指南针检查绕组接线是否正确

查看，会发现断裂处铁心因发热而变成青蓝色，也可在转子两端端环上通入小电流，并在周围表面撒上些铁粉，未断铝条的周围铁心能够吸引铁粉，如果某一根铝条周围铁粉较少，则说明有可能是该铝条断条，如图 7-61 所示。

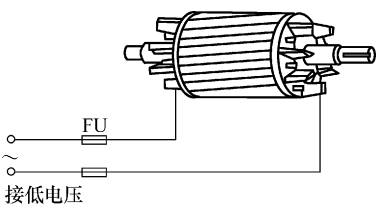


图 7-61　转子笼条断裂查找方法

7.6　三相异步电动机的故障维修

1. 三相异步电动机不能起动，且无任何声响

（1）故障可能原因

1）电源没电。

2）熔断器熔断数相。

3）电源线断线或有接触不良处。

4）按钮、开关或起动设备卡死或控制电路接触不良。

5）过载保护设备动作。

（2）检修方法与技巧

1）用低压验电笔测量三相电源是否有电，如无电压，要先接通电源。

2）用低压验电笔测该配电设备熔断器下桩头，看是否三相都带电，如果某一相或某两相、三相熔断器熔断，要更换为同样规格的熔断器。测量时要注意细心观察，看验电笔对每一相熔断器下桩头带电的亮度是否一致，以防感应电造成错误判断。

3）检查电路有无接触不良处，找出故障后要重新把线头刮净接好。

4）检查机械吸合动作机构是否灵活，如卡死要重新进行装配，并在某些地方加润滑油，然后断开电源用万用表检查开关、按钮，看常开触头是否能按下闭合，常闭触头是否能接通复位，以及起动设备、电动机绕组接触处是否良好。

5）首先检查过载保护调整的电流与电动机额定电流配合是否合适，如不合适，要调整好后再复位热继电器动作机构。

2. 三相异步电动机不能起动，且有开关动作声或电动机嗡嗡声

（1）故障可能原因

1）电源电路有一相断线。

2）熔断器熔断一相。

3）星形绕组有一相断线或三角形绕组有一相或两相断线。

4）电源电压过低。

5）把三角形误接成星形，电动机内部首尾线接错（重负载时把三角形接为星形难以起动）。

6）定子与转子相摩擦。

7）负载机械卡死。

8）电动机轴承损坏、卡死，或润滑脂过多、过硬。

（2）检修方法与技巧

1）用验电笔检查电源是否断相，如断相，应找出断相点，并修复供电。

2）用低压验电笔测电动机配电设备的熔断器下桩头是否有一相熔断（注意排除感应电），如熔断则应更换。

3）拆下电动机接线端子上的电源线，用万用表重新检查电动机三相绕组有无断线处，如果测出电动机绕组内部的三相绕组有一相断线，或三角形绕组有两相断线，须打开电动机端盖，找出断线点的接头，重新接好；如果是线圈本身局部烧坏，则须局部换线或重新绕制电动机线圈。

4）首先用万用表测三相电源电压是否达到 380V，如果电源电压过低，应找出过低的原因。如果电路较长、电源线较细，应适当升高电力变压器的输出电压；如果是电网电压过低，应向供电部门申请加以修复。

5）打开电动机接线盒，查找接线有无错误。如果把电动机三角形接法误接为星形，要重新正确接线；如果是电动机首尾接错，首先要把电动机首尾找出来，然后按电动机铭牌上所标的接线方法重新接好。

6）把电动机打开，抽出转子清除污垢、铁锈，经校准后重新装配。

7）首先用手转动一下电动机带轮或电动机对轮，观察是否负载过重或卡死；如果电动机功率过大，就要用大管子钳来加大力臂，转动一下电动机传动轮，看其是否能转动一点，以判断机械卡死的情况。

8）打开电动机，检查轴承是否损坏，如轴承损坏严重，应更换为新轴承或者更换为新的润滑油脂。

3. 电动机起动困难，起动时熔断器熔断或起动后转速较低

（1）故障可能原因

1）电源电压过低。

2）电动机的负载过重、卡死。

3）定子绕组一相接反或把星形误接成三角形或把三角形误接成星形。

4）电动机三角形联结时接线绕组的一相断开，定子

绕组有短路或接地点。

5）转子笼条或端环断裂。

6）电动机轴承损坏。

7）电动机转子与电动机中心轴脱开。

8）电动机所配熔断器熔体电流过小。

9）电动机受潮严重，内部进水短路。

（2）检修方法与技巧

1）检查电源电压过低的根本原因。如果是电路太长、导线太细，要重新架设截面积较大的电路，从而减少电压降。如果是专用电力变压器供电，要与供电部门协商，把变压器电压适当调高些。

2）检查机械传动装置如传动带，过紧时要把传动带调整得松紧适当；检查负载机械有无卡死现象，如果是负载过重，要首先处理机械负载方面的原因。

3）打开电动机接线端子，拆除电源线，检查定子绕组有无一相接反。如果电动机原来为三角形联结，现接成了星形，又加上重负载起动，电动机起动就很困难，这时要按正确方法更正接线。

4）首先用 500V 绝缘电阻表测电动机定子绕组三相对地的绝缘电阻，如果为零，就要分析三相绕组对地短路的原因。如果是潮湿所致，应烘干处理后再测量。如果绝缘层损坏是因为连接线对电动机外壳短路，要更换为新的连接线，如果是绕组本身内部对电动机外壳短路，就需更换电动机绕组。电动机如有匝间短路，首先打开电动机，

观察线圈变色部位，进行局部修复；若是故障点不明显，要用短路侦察器做进一步检查，查出短路点并及时修复或更换电动机绕组。

5）查出电动机转子笼条、端环断裂处，要更换转子。

6）打开电动机，观察轴承损坏情况，如轴承旷动太大，应予更换。

7）检查电动机转子与电动机中心轴是否脱开，如果脱开要重新焊接。

8）电动机熔断器熔体要选配适当，首先观察所使用的电动机功率，然后看电动机铭牌上的额定电流，若是重负载起动，选择熔断器熔体的额定电流为电动机额定电流的1.5～2.5倍即可。

9）打开电动机接线盒盖，观察潮湿情况，可用500V绝缘电阻表摇测电动机绝缘情况。对地为零时应对电动机清除污垢后进行干燥处理。如果烘干后仍短路，就要对电动机绕组进行重新绕制。

4. 电动机三相电压严重不平衡或三相电流同时增大，致使温度过高甚至冒烟

（1）故障可能原因

1）电源电压不平衡。

2）电动机单相运转。

3）电源电压过低或过高。

4）电动机过载。

5）电动机在换绕组时，部分绕组接线错误或电动机三相绕组接线错误。

6）电动机绕组采用多根并绕或多路并联方式时，其中部分导线或支路有断线。

7）电动机轴承损坏，转子与定子相接触。

（2）检修方法与技巧

1）首先用万用表测三相电压是否平衡，严重不平衡时，要从电力变压器查起，并测三相是否断相或接地。当高压平衡时，应查低压，测电路有无断相、接地或某处接触不良，并做相应处理。

2）造成电动机单相运转的原因很多，后果又较严重，所以要慎重对待这一问题。首先细心听电动机在运行中的声音，若是断相运行，电动机会发出“嗡嗡”声，转速会下降，方向会随着惯性改变，特别是正反转操作时正转为正常运行，而反转时方向却不变，这就可以确定是电动机反向运转断相。另外，电动机断相运转时其外壳的温度会升得很高，并可嗅到焦糊味。为进一步确定电动机是否断相运行，可用万用表测电动机三相电压是否平衡，如果平衡，再用钳形电流表测量电动机三相引出线上的电流是否平衡，若一相无电流或电流较小，则可判断电动机处于单相运行，这时要停机，接通断线处。

3）电源电压过低或过高时，可用万用表测量。当电压过低时，要考虑是否电源线过长过细，或者这条电路负载是否过重。若电源电压过高，则应检查是否这条电路无

功功率补偿过多。另外还要考虑供电电路是否电压过高，可适当调整供电电压。

4）检查电动机过载时，一般先用手转动电动机对轮或带轮，看其是否卡死或过重，若一时判断不清，就让电动机空载运行，并测其空载电流是否正常。当空载电流正常时，应让其重新拖动负载运行，再测其电流，当电流超过额定值时则可确定为电动机过载。判断电动机是否过载时还应注意排除其本身不明显的故障，如电动机转子转轴不同心、绕组有较轻的匝间短路等。

5）电动机运转不正常，还应考虑在这之前是否换过绕组或重新对电动机绕组进行过接线，如查出接线错误，要重新按正确方式连接。

6）如果电动机采用多根漆包线并绕或多路并联方式绕制三相绕组，还需要打开电动机查找有无某支路断路或脱焊而造成线圈截面积减小，使电动机温升过高。

7）检查电动机轴承情况，如轴承损坏，须更换为同型号的轴承，并重新装配电动机。

5. 线绕转子异步电动机电刷冒火，集电环过热或烧坏

（1）故障可能原因

1）集电环表面不平整不圆或不清洁。

2）电刷在刷架内卡死。

3）电刷型号、尺寸与原刷架不匹配。

4）电刷与集电环接触面不够。

5）电刷压力过小或过大。

（2）检修方法与技巧

1）用砂布磨平集电环表面，清除污垢，修整集电环并校正同心度。

2）取出卡死的电刷，用砂布磨小，使其在刷架内活动自如。

3）按与电动机配套的电刷规格更换为同型号电刷。

4）仔细用细砂纸研磨电刷，使其与集电环接触可靠。

5）检查电刷是否已磨损得过短，磨损严重时，要更换为新电刷，并适当调整弹簧压力。

6. 电动机轴承发热

（1）故障可能原因

1）电动机轴承损坏。

2）轴承与轴配合过紧或过松，轴承与端盖配合过紧或过松。

3）轴承润滑脂过多或过少；润滑脂过脏或混有固体杂质颗粒。

4）滑动轴承油环磨损严重或转动不灵活。

5）传动带过紧或联轴器装配不同心。

6）电动机两侧轴承端盖未装平。

（2）检修方法与技巧

1）检查电动机轴承，如发现损坏，应选用质量较好的轴承装配使用，避免轴承发热。

2）电动机轴承与轴的配合精度较高，故当轴承与轴配合过松时应在转轴上镶套，松动轻微且电动机功率不大时可把轴用錾子打毛，当配合过紧时应将轴加工到标准尺寸。

3）轴承要定期清洗、加油，加油前应先用汽油把电动机轴承过脏的部位清洗干净，然后换上新润滑脂；加润滑脂时其用量不宜超过轴承室容积的 70%，但也不宜过少。

4）打开电动机，查明轴承磨损处，加以修复或更换为新轴承，并选用较稀的润滑脂。

5）重新调整传动带的张紧力，校正联轴器，使其有较好的同心度，并紧好电动机地脚螺栓。

6）将端盖或轴承盖齿口装平，对称均匀地旋紧固定螺钉，注意不可将其中一个先紧死后再紧别的螺钉。

7. 电动机有异常的振动或响声

（1）故障可能原因

1）电动机基础不稳或校正不好，安装固定不符合要求。

2）转子风叶碰触风叶罩外壳或风叶片某处损坏造成转子不平衡。

3）转子铁心变形或轴弯曲有裂纹。

4）电动机传动装置不同心或传动带接头不好或对轮与齿轮配合不好。

5）滑动轴承与轴承内圈间隙过大或过小，滚动轴承

在轴上装配不好，轴承损坏严重。

6）电动机单相运行，有“嗡嗡”声。

7）机座和铁心配合不好。

8）转子笼条或端环断裂。

9）电动机绕组有短路、并联支路断路，绕组绝缘损坏有接地处。

（2）检修方法与技巧

1）检查电动机基础的安装情况，如不牢固，应重新加固安装，并加以校正。

2）校正风叶，旋紧螺钉。如果风叶片损坏不对称，应设法从对称角度去掉对方的另一片风叶的一部分，使风叶整体基本对称平衡。损坏严重时，则应予以更换。

3）将转子在车床上用千分表找正，并校正弯轴，严重时应更换为新轴。

4）如果电动机所带的传动带接头不好，应重新接好。对轮齿轮不平衡时，要做静平衡或动平衡试验加以校正。

5）打开电动机，细心检查滑动轴承的情况，并处理间隙过大或过小的问题。检查轴承的装配情况，轴承损坏时要更换为新轴承并重新加润滑脂。

6）电动机单相运行时有异常振动或伴有“嗡嗡”声，要立即停止运行，查出断相原因，并接上断相的熔断器或是接上断相的电线接头再重新起动电动机。

7）机座和铁心配合不紧密时要重新加固。

8）转子笼条或端环断裂的情况较为少见，可打开电动机，直接观察转子上的烧伤痕迹即可发现，也可用短路侦察器进行检查做出判断。如确定是转子笼条或端环断裂，要更新铸铝，严重时要更新转子。

9）打开电动机，用万用表查找断线处并接好，或用500V 绝缘电阻表检查对地绝缘情况，看有无短路。查出电动机绕组断线、短路或有接地处，要予以修复。损坏严重时应重新更换电动机线圈。

8. 电动机电流未超过额定值，但电动机内部温度过高

（1）故障可能原因

1）电动机周围环境温度过高。

2）电动机灰尘、油泥过多，通风不畅，影响散热，电动机上的风叶损坏严重，角度不对。

3）电动机受太阳直接曝晒。

4）电动机受潮或浸漆后未烘干。

5）电源电压过高、过低。

6）转子运转时与定子相摩擦使温度升高，或是铁心部分硅钢片之间绝缘不良有毛刺。

7）电动机绕组接线错误或局部有短路、断路、接地等故障。

（2）检修方法与技巧

1）电动机周围环境温度过高，又满负载运转，热量不易散发，使电动机温度过高。这时应改善环境温度，保

持通风良好，必要时可用大排风扇降温，对连续工作且必须在高温环境中运转的电动机，可换成绝缘等级较高的130（B）级、155（F）级电动机。

2）检查电动机通风孔道是否堵塞，清除灰尘、油泥以及影响通风的东西，周围设施尽量远离电动机。

3）电动机在户外应用，应增设遮阳防雨设施，最好根据电动机的大小在其上方焊一个铁架子，上面加装铁皮，一方面防阳光曝晒，另一方面也可防雨防潮。

4）一旦检查出电动机受潮或浸漆后未烘干，就要尽快拆下电动机，彻底进行一次干燥处理。

5）用万用表检查电动机三相电压是否过高或过低，如果因电压不正常使电动机过热，应仔细检查电路。

6）转子与定子相互摩擦大多是因电动机轴承损坏所致，可更换轴承。如铁心之间有毛刺，可用钢锉将毛刺锉掉。

7）对照电动机铭牌，检查电动机绕组接线方式是否正确，如接错应予纠正。

第8章

变频器与软起动设备应用与故障维修

8.1 变频器

变频器是应用变频技术制造的一种静止的频率变换器，它是利用电力半导体器件的通断作用将频率固定的交流电变换成频率连续可调的交流电的电能控制装置。变频器的外形如图 8-1 所示。



图 8-1 变频器的外形

1. 变频器接线时的注意事项

1）输入电源必须接到端子 R、S、T 上，输出电源必须接到端子 U、V、W 上，若接错，会损坏变频器。

2）为了防止触电、火灾等灾害，并且降低噪声，必须连接接地端子。

3）端子和导线的连接应牢靠，要使用接触性良好的压接端子。

4）配完线后，要再次检查接线是否正确，有无漏接

现象，端子和导线间是否短路或接地。

5）通电后，需要改接线时，即使已经断开电源开关，主电路直流端子滤波电容器放电也需要时间，所以很危险。应等充电指示灯熄灭后，用万用表确认 P、N 端之间直流电压降到安全电压（DC36V 以下）后再操作。

2. 变频器的基本接线图

变频器的基本接线如图 8-2 所示。

3. 主电路端子的接线

变频器的主电路配线如图 8-3 所示。

主电路端子的功能见表 8-1。

进行主电路接线时，应注意以下几点：

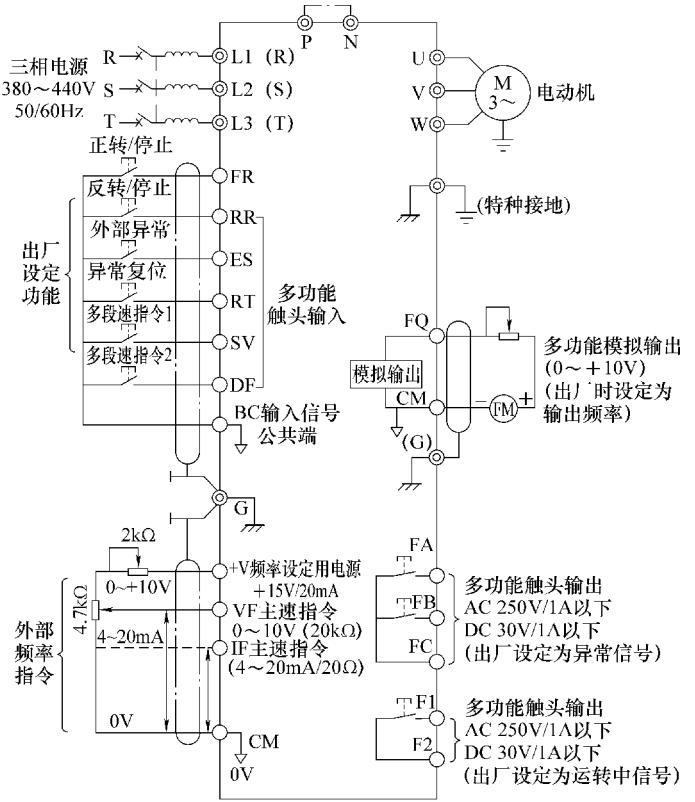
1）主电路端子 R、S、T，经接触器和断路器与电源连接，不用考虑相序。

2）不应以主电路的通断来进行变频器的运行、停止操作。需要用控制面板上的运行键（RUN）和停止键（STOP）来操作。

3）变频器输出端子最好经热继电器再接到三相电动机上，当旋转方向与设定方向不一致时，要调换 U、V、W 三相线中的任意两相线。

4）星形联结的电动机的中性点绝不可接地。

5）从安全及降低噪声的需要出发，变频器必须接地，接地电阻应小于或等于国家标准规定值，且用较粗的短线接到变频器的专用接地端子上。当数台变频器共同接地时，勿形成接地回路，如图 8-4 所示。



注：1. 主速指令由参数no42选择为电压（VF）或电流（IF）指令，出厂时设定为电压（VF）指令。
2. ＋V端子输出额定为+15V、20mA。
3. 多功能模拟输出（FQ、CM）为外接频率/电流表用。

图 8-2　变频器的基本接线

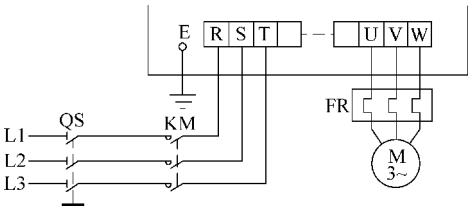


图 8-3　变频器的主电路配线

表 8-1　主电路端子功能说明

种类	编号	名　　称
主电路端子	R（L1）	主电路电源输入
	S（L2）	
	T（L3）	
	U（T1）	变频器输出（接电动机）
	V（T2）	
	W（T3）	
	P	直流电源端子
	N	

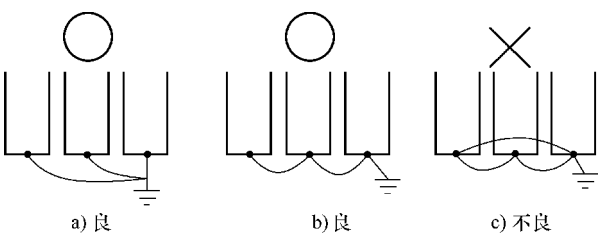


图 8-4　接地线不得形成回路

4. 控制电路端子的接线

控制电路端子的排列如图 8-5 所示。



图 8-5　变频器控制电路端子的排列

控制电路端子的符号、名称及功能说明见表 8-2。

表 8-2　控制电路端子功能说明

种类	编号	名称	端子功能		信号标准
运转输入信号	FR	正转/停止	闭→正转 开→停止	端子 RR、ES、RT、SV、DF 为多功能端子（no35 ~ no39）	DC24V，8mA 光耦合隔离
	RR	反转/停止	闭→反转 开→停止		
	ES	外部异常输入	闭→异常 开→正常		
	RT	异常复位	闭→复位		
	SV	多段速指令 1	闭→多段速指令 1 有效		
	DF	多段速指令 2	闭→多段速指令 2 有效		
	BC	公共端	与端子 FR、RR、ES、RT、SV、DF 短路时信号输入		

（续）

种类	编号	名称	端子功能		信号标准
模拟输入信号	+V	频率指令电源	频率指令设定用电源端子		+15（20mA）
	VF	频率指令电压输入	0～10V/100%频率	no42=0 VF有效	0～10V（20kΩ）
	IF	频率指令电流输入	4～20mA/100%频率	no42=1 IF有效	4～20mA（250Ω）
	CM	公共端	端子VF、IF速度指令公共端		——
	G	屏蔽线端子	接屏蔽线护套		——
运转输出信号	F1	运转中信号输出（a触头）	运转中接点闭合	多功能信号输出（no41）	触头容量AC250V，1A以下DC30V，1A以下
	F2				
	FA	异常信号输出FA—FC（a触头）FB—FC（b触头）	异常时FA—FC闭合FB—FC断开	多功能信号输出（no40）	
	FB				
	FC				
模拟输出	FQ	频率计（电流计）输出	0～10V/100%频率（可设定0～10V/100%电流）	多功能模拟输出（no 48）	0～+10V 20mA以下
	CM	公共端			

8.2　变频器的实际应用电路

1. 有正反转功能变频器控制电动机正反转调速电路

对于有正反转功能的变频器，可以采用继电器来构成

正转、反转、外接信号。有正反转功能变频器控制电动机正反转调速电路如图 8-6 所示。

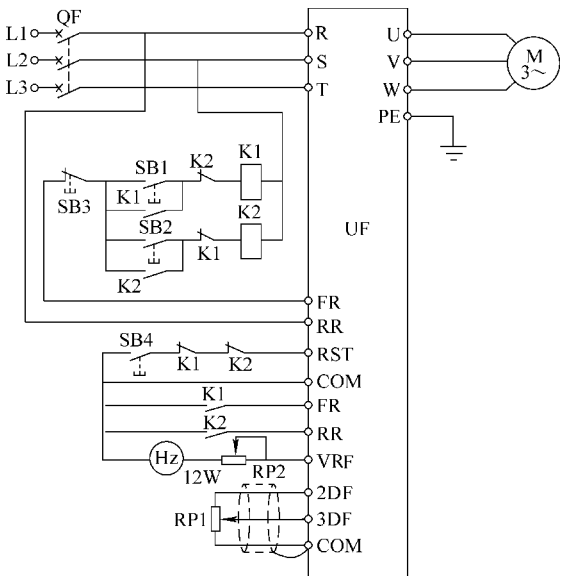


图 8-6　有正反转功能变频器控制电动机正反转调速电路

正转时，按下按钮 SB1，继电器 K1 得电吸合并自锁，其常开触头闭合，FR-COM 连接，电动机正转运行；停止时，按下按钮 SB3，K1 失电释放，电动机停止。

反转时，按下按钮 SB2，继电器 K2 得电吸合并自锁，其常开触头闭合，RR-COM 连接，电动机反转运行；停止

时，按下按钮 SB3，K2 失电释放，电动机停止。

事故停机或正常停机时，复位端子 RST-COM 断开，发出报警信号。按下复位按钮 SB4，使 RST-COM 连接，报警解除。

图 8-6 中(Hz)为频率表，RP1 为 2W、1kΩ 线绕式频率给定电位器，RP2 为 12W、10kΩ 校正电阻，构成频率调整回路。

2. 无正反转功能变频器控制电动机正反转调速电路

有些变频器无正反转功能，只能使电动机向一个方向旋转，这时采用图 8-7 所示电路可实现电动机正反转运行。

正转时，按下按钮 SB1，中间继电器 K1 得电吸合并自锁，其两副常开触头闭合，IRF-COM 接通，同时时间继电器 KT 得电进入延时工作状态，待延时结束后，KT 常开触头延时闭合，使交流接触器 KM1 得电吸合并自锁，电动机正转运行。

欲要使 M 反转，在 IRF-COM 接通后，变频器 UF 开始运行，其输出频率按预置的升速时间上升至与给定相对应的数值。当按下停止按钮 SB3 后，K1 失电释放，IRF-COM 断开，变频器 UF 输出频率按预置频率下降至 0，M 停转。按下反转按钮 SB2，则反转继电器 K2 得电吸合，使接触器 KM2 吸合，电动机反转运行。

为了防止误操作，K1、K2 互锁。

RP 为频率给定电位器，须用屏蔽线连接。时间继电

器 KT 的整定时间要超过电动机停止时间或变频器的减速时间。在正转或反转运行中，不可断开接触器 KM1 或 KM2。

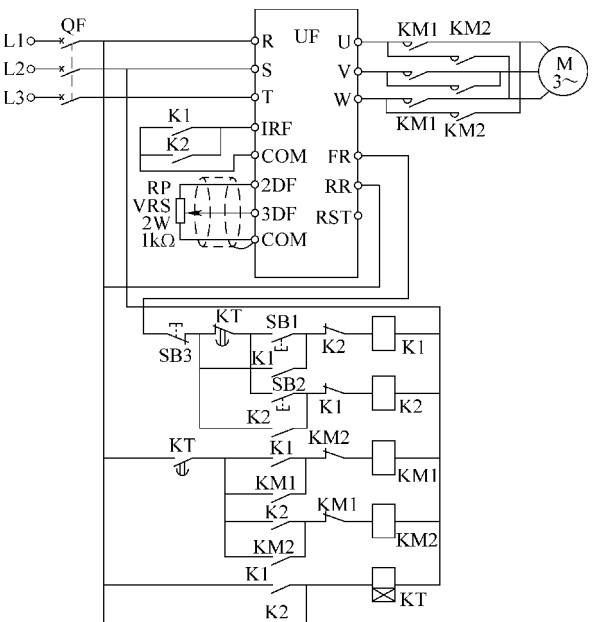


图 8-7　无正反转功能变频器控制电动机正反转调速电路

3. 电动机变频器的步进运行及点动运行电路

电动机变频器的步进运行及点动运行电路如图 8-8 所示。此电路中电动机在未运行时点动有效。运行/停止由

REV、FWD 端的状态（即开关）来控制。其中，REV、FWD 表示运行/停止与运转方向，当它们同时闭合时无效。

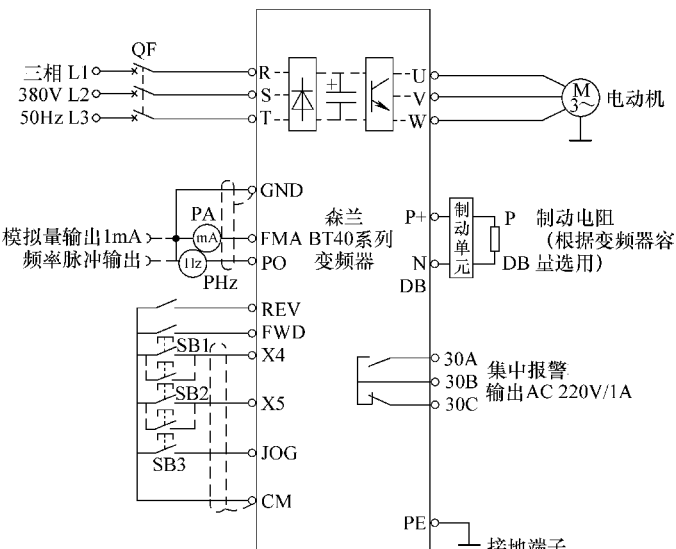


图 8-8　电动机变频器的步进运行及点动运行电路

转速上升/转速下降可通过并联开关来实现在不同的地点控制同一台电动机运行，由 X4、X5 端的状态（按钮 SB1、SB2）确定，虚线即为设在不同地点的控制按钮。

JOG 端为点动输入端子。当变频器处于停止状态

时，短接 JOG 端与公共端（CM）（即按下 SB3），再闭合 FWD 端与 CM 端之间连接的开关，或闭合 REV 端与 CM 端之间连接的开关，则会使电动机 M 实现点动正转或反转。

4. 用单相电源变频控制三相电动机电路

变频控制有很多好处，例如，三相变频器通入单相电源，可以方便地为三相电动机提供三相变频电源。其电路如图 8-9 所示。

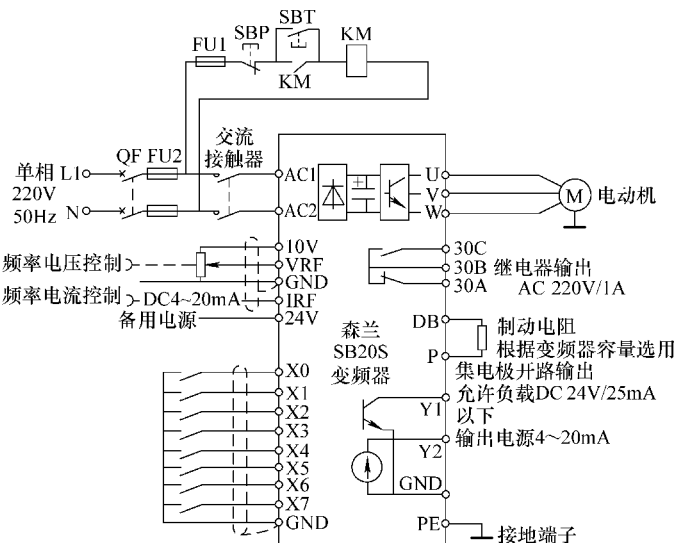


图 8-9　用单相电源变频控制三相电动机电路

8.3 艾默生 TD3000 系列变频器的常见故障及检修方法（见表 8-3）

表 8-3 艾默生 TD3000 系列变频器的常见故障及检修方法

故障码	故障现象	原因	检修方法
E001	变频器加速运行过电流	1. 加速时间预置过短 2. 转矩提升预置不当 3. 瞬时停电后再起动预置不当 4. 变频器容量偏小 5. 加速中编码器故障或断线	1. 重新预置加速时间 2. 调整转矩提升 3. 将重合闸预置为转速跟踪方式 4. 重选变频器 5. 检查编码器及其接线
E002	变频器减速运行过电流	1. 减速时间预置过短 2. 有位能负载或负载惯性较大 3. 变频器容量偏小 4. 减速中编码器故障或断线	1. 调整减速时间 2. 外接制动电阻及制动单元调整制动使用率 3. 重选变频器 4. 检查编码器及其接线
E003	变频器恒速运行过电流	1. 电网电压偏低 2. 变频器容量偏小 3. 瞬间停电后再起动预置不当 4. 编码器突然断线 5. 负载过重	1. 检查输入电源 2. 重选变频器 3. 将重合闸预置为转速跟踪方式 4. 检查编码器及其接线 5. 检查负载或重选变频器

（续）

故障码	故障现象	原因	检修方法
E004	变频器加速运行过电压	1. 输入电压异常 2. 矢量控制时，参数预置不当 3. 电动机在未停住状态下起动	1. 检查输入电源 2. 重新预置参数 3. 起动方式预置为频率跟踪起动
E005	变频器减速运行过电压	1. 减速时间预置过短 2. 有位能负载或负载惯性较大 3. 输入电压异常	1. 重新预置减速时间 2. 外接制动电阻及制动单元 3. 检查输入电源
E006	变频器恒速运行过电压	1. 输入电压发生异常变动 2. 矢量控制时，参数预置不当	1. 安装输入电抗器 2. 重新预置参数
E007	控制电源过电压	控制电源异常	检查输入电源或请求技术服务
E008	输入侧断相	输入电源断相	检查输入电源或检查输入电源配线
E009	输入侧断相或开路	变频器输出线断线或断相或未接电动机，预励磁超时	检查变频器输出电路
E010	功率模块故障	1. 变频器瞬间过电流 2. 变频器输出侧短路或接地 3. 变频器通风不良或风扇损坏 4. 逆变桥直通	1. 参见过电流对策 2. 检查输出线 3. 疏通风道或更换风扇 4. 请求技术服务

（续）

故障码	故障现象	原因	检修方法
E011	功率模块散热器过热	1. 环境温度过高 2. 变频器通风不良 3. 风扇故障 4. 温度检测故障	1. 变频器运行环境应符合要求 2. 改善散热环境 3. 更换风扇 4. 请求技术服务
E012	整流桥散热器过热	1. 环境温度过高 2. 变频器通风不良 3. 风扇故障 4. 温度检测故障	1. 变频器运行环境应符合要求 2. 改善散热环境 3. 更换风扇 4. 请求技术服务
E013	变频器过载	1. 加速时间预置过短 2. *U/f* 曲线预置不当 3. 瞬时停电后再起动预置不当 4. 电网电压过低 5. 电动机负载过大 6. 编码器反向	1. 重新预置加速时间 2. 重新预置 *U/f* 曲线 3. 瞬时停电后预置为跟踪再起动 4. 检查电网电压 5. 重选变频器 6. 调整编码器接线
E014	电动机过载	1. *U/f* 曲线预置不当 2. 电网电压过低 3. 通用电动机低速重载长期运行 4. 电动机过载保护系数预置不当 5. 电动机堵转或负载过重 6. 编码器反向	1. 重新预置 *U/f* 曲线 2. 检查电网电压 3. 改用变频专用电动机 4. 重新预置电动机过载保护系数 5. 调整负载工况或重选变频器 6. 调整编码器接线

（续）

故障码	故障现象	原因	检修方法
E015	外部设备故障	外部故障输入端子动作	检查外部设备故障原因
E016	E^2PROM 读写故障	1. 外部干扰引起读写错误 2. E^2PROM 损坏	1. 按 STOP/RESET 键，重试 2. 请求技术服务
E017	通用错误	1. 上位机与变频器波特率不匹配 2. 串行通道受干扰 3. 通信超时	1. 调整波特率 2. 检查通信电路的布线与屏蔽 3. 重试
E018	限流电阻的短路，接触器未吸合	1. 通入电压过低或断相 2. 接触器故障 3. 限流电阻损坏 4. 控制电路故障	1. 检查电源电压 2. 更换接触器 3. 更换限流电阻 4. 请求技术服务
E019	电流检测电路故障	1. 电流检测件或放大电路故障 2. 辅助电源故障 3. 控制板与驱动板接触不良	请求技术服务
E020	CPU 错误	DSP 受干扰或双通信错误	按 STOP/RESET 键复位或请求技术服务
E021	闭环控制时反馈断线	PID 控制时，反馈通道断线或信号低于 1V（或 4mA）	检查反馈电路或调整反馈信号的输入模式
E022	外部模拟量给定断线	外部模拟量给定信号电路断线或信号小于 1V（或 4mA）	检查给定电路的连线或调整给定信号的输入模式

（续）

故障码	故障现象	原因	检修方法
E023	键盘 E^2PROM 读写故障	1. 键盘读写参数发生错误 2. E^2PROM 损坏	1. 按 STOP/RESET 键复位 2. 请求技术服务
E024	自测定错误	1. 电动机铭牌参数预置错误 2. 自测定结果与标准值偏差过大 3. 自测定值超时	1. 按电动机铭牌参数准确预置 2. 检查电动机与负载是否脱开 3. 检查电动机的电路
E025	编码器错误	1. 编码器信号断线 2. 编码器信号接反	1. 检查编码器连线，重新接线 2. 调整编码器方向功能参数
E026	变频器掉载	1. 矢量控制时，负载消失或减少 2. 掉载保护相关功能预置不当	1. 检查负载 2. 合理预置掉载保护功能
E027	制动单元故障	检查制动单元和制动电阻	请求技术服务
E028	参数预置错误	1. 电动机参数预置错误 2. 变频器与电动机不匹配 3. 既预置了 PG 闭环 PID 功能，又预置了矢量控制方式	1. 正确预置电动机参数 2. 重选变频器 3. 如需要在 PG 闭环 PID 功能下运行，应预置为 *V/F* 控制方式

8.4　康沃 CVF-G2 系列变频器的常见故障及检修方法（见表 8-4）

表 8-4　康沃 CVF-G2 系列变频器的常见故障及检修方法

故障代码	故障说明	可能原因	检修方法
Er. 01	加速中过电流	1. 加速时间过短 2. 转矩提升过高	1. 延长加速时间 2. 降低转矩提升档次
Er. 02	减速中过电流	减速时间太短	增加减速时间
Er. 03	运行中过电流	负载发生突变	减少负载波动
Er. 04	加速中过电压	1. 输入电压太高 2. 电源频繁通断	1. 检查电源电压 2. 勿用通断电源起动电动机
Er. 05	减速中过电压	1. 减速时间太短 2. 输入电压异常	1. 延长减速时间 2. 检查电源电压，安装或重选制动电阻
Er. 06	运行中过电压	1. 电源电压异常 2. 运行中有再生制动状态	1. 检查电源电压 2. 安装或重选制动电阻
Er. 07	停机时过电压	电源电压异常	检查电源电压
Er. 08	运行中欠电压	1. 电源电压异常 2. 电网中有大负载起动	1. 检查电源电压 2. 与大负载分开供电

（续）

故障代码	故障说明	可能原因	检修方法
Er. 09	变频器过载	1. 负载过大 2. 加速时间过短 3. 转矩提升过高 4. 电网电压过低	1. 减轻负载或增大变频器容量 2. 延长加速时间 3. 降低转矩提升档次 4. 检查电网电压
Er. 10	电动机过载	1. 负载过大 2. 加速时间太短 3. 保护系数预置过小 4. 转矩提升过高	1. 减轻负载 2. 延长加速时间 3. 加大预置电动机的过载保护系数 4. 降低转矩提升挡次
Er. 11	变频器过热	1. 风道阻塞 2. 环境温度过高 3. 风扇损坏	1. 清理风道或改善通风条件 2. 改善通风条件，降低载波频率 3. 更换风扇
Er. 12	输出接地	1. 变频器输出端接地 2. 变频器输出线过长	1. 检查变频器的输出线 2. 缩短输出线或降低载波频率
Er. 13	干扰	因受干扰而误动作	给干扰源加入吸收电路
Er. 14	输出断相	变频器的输出线不良或断线	检查接线
Er. 15	IPM 故障	1. 输出端短路或接地 2. 负载过重	1. 检查接线 2. 减轻负载

（续）

故障代码	故障说明	可能原因	检修方法
Er. 16	外部设备故障	外部故障输入端有信号输入	检查信号源及相关设备
Er. 17	电流检测错误	电流检测器件或电路损坏或辅助电源有问题	请求技术服务
Er. 18	RS485 通信故障	数据的发送和接收有问题	检查接线
Er. 19	PID 反馈故障	1. 反馈信号线断开 2. 传感器发生故障 3. 反馈信号与预置不符	1. 检查反馈通道 2. 检查传感器 3. 核实反馈信号是否符合要求
Er20	与供水系统专用附件连接故障	1. 选择了多泵恒压供水，却未选专用附件 2. 与附件的连接发生问题	1. 改用单泵恒压供水方式 2. 选购专用附件，检查与附件的连接是否牢固

8.5　软起动器

电动机软起动器是一种减压起动器，是继星–三角起动器、自耦减压起动器、磁控式软起动器之后，目前最先进、最流行的起动器，如图 8-10 所示。它一般采用 16 位

单片机进行智能化控制，既能保证电动机在负载要求的起动特性下平滑起动，又能降低对电网的冲击，同时还能直接与计算机实现网络通信控制，为自动化智能控制打下良好的基础。



图 8-10　电动机软起动器的外形

电动机软起动器有以下特点：

1）降低电动机起动电流、降低配电容量，避免增容投资。

2）降低起动机械应力，延长电动机及相关设备的使用寿命。

3）起动参数可视负载调整，以达到最佳起动效果。

4）多种起动模式及保护功能，易于改善工艺、保护设备。

5）全数字开放式用户操作显示键盘，操作设置灵活简便。

6）高度集成微处理器控制系统，性能可靠。

7）相序自动识别及纠正，电路工作与相序无关。

8.6　软起动器的电气控制电路

1. 软起动器的主电路连接（见图 8-11）

2. 电动机与软起动器的总连接电路（见图 8-12）

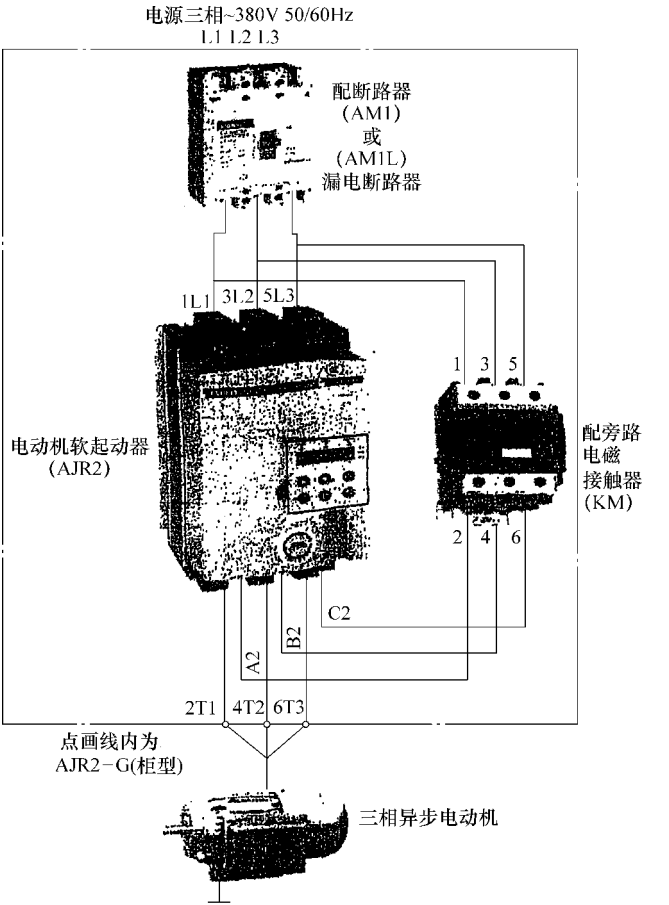


图 8-11　电动机软起动器的主电路连接

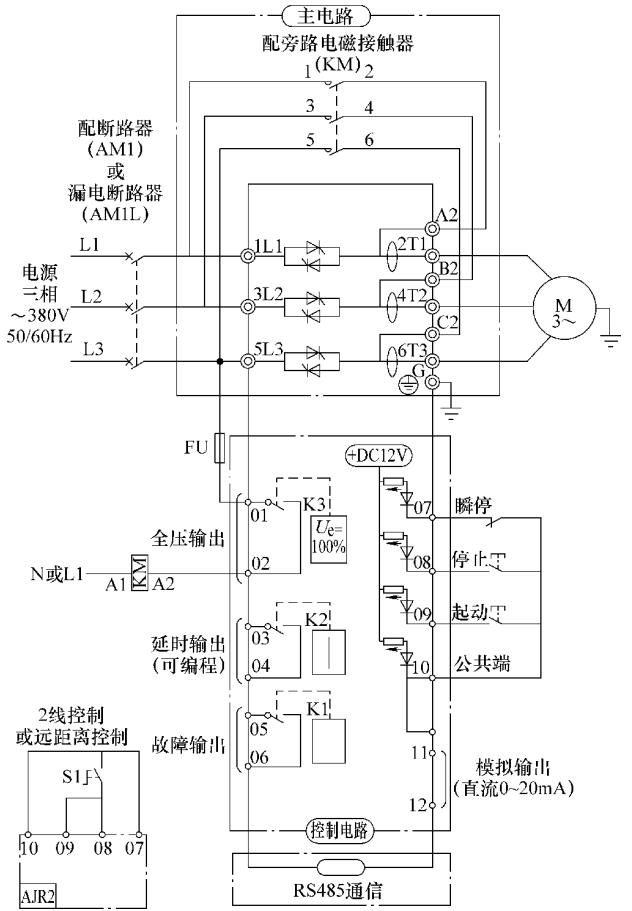


图 8-12　电动机与软起动器的总连接电路

8.7　西普 STR 软起动器一台控制两台电动机电路

西普 STR 软起动器一台控制两台电动机电路如图 8-13所示。

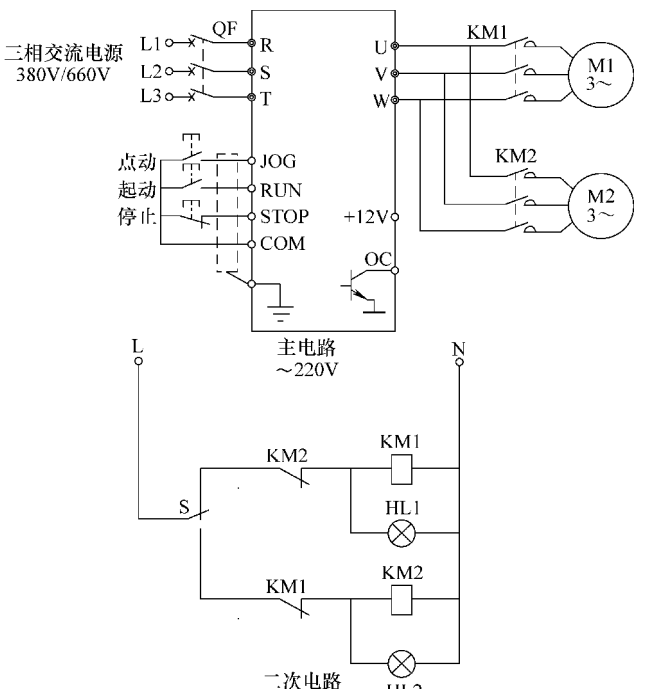


图 8-13　西普 STR 软起动器一台控制两台电动机电路

用一台软起动器控制两台电动机，并不指同时开机，而是开一台，另一台作备用。

此例是电动机一开一备，这就需要在软起动器外另接一个控制电路（见图 8-13）。S 为切换开关，S 往上，则 KM1 动作，为起动电动机 M1 作准备，指示灯 HL1 亮，HL2 灭；S 往下，则 KM1 不工作，KM2 工作，指示灯 HL2 亮，HL1 灭。

电动机工作之前，根据需要切换开关 S，然后在 STR 软起动器的操作键盘上按动 RUN 键起动电动机；按动 STOP 键则停止。JOG 是点动按钮，可根据需要自行设置安装。

8.8　西普 STR 软起动器一台起动两台电动机电路

西普 STR 软起动器一台起动两台电动机电路如图 8-14所示。

先操作控制电路，让 KM1 吸合，为起动 M1 做好准备，然后按下起动按钮 SB2。因为只有 KM1 吸合后，SB2 才有效，在 KM1 吸合后，旁路接触器 KM3 吸合。时间继电器 KT1 开始延时，延时结束后，KT1 常闭触头断开，切断 KM1。至此，由旁路接触器 KM3 为 M1 供电，而 STR 软起动器已退出运行状态。用上述同样方法，起动 M2。

按下控制电路中的 SB1、SB3，则 M1、M2 停止运行。

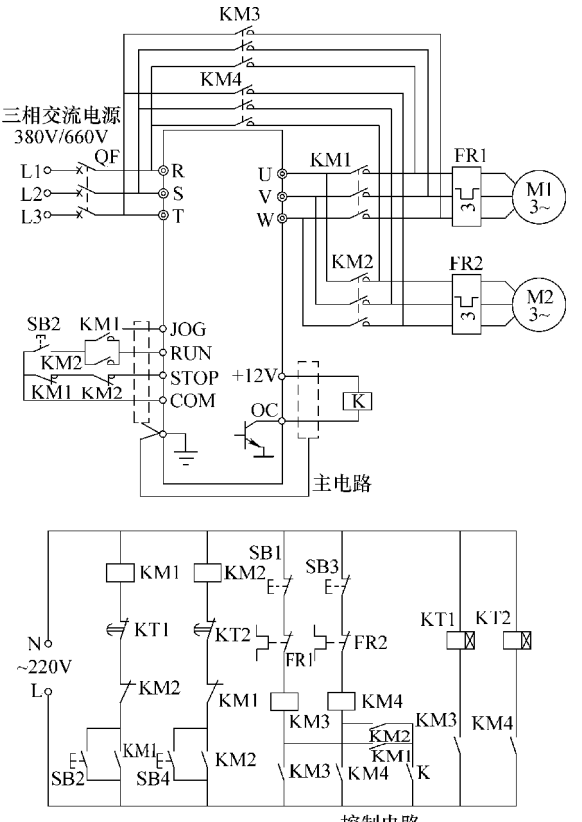


图 8-14　西普 STR 软起动器一台起动两台电动机电路

8.9 ABB PST/PSTB 软起动器的常见故障及检修方法（见表 8-5）

表 8-5 ABB PST/PSTB 软起动器常见故障及检修方法

故障现象	原因	检修方法
电动机有“嗡嗡”声/无起动信号时电动机起动	1. 晶闸管短路击穿 2. 旁路接触器触头粘合	1. 检查并更换晶闸管 2. 检查并改正引起事故的原因
在起动和运行过程中电动机声响异常	“内接”接线不正确	检查并改正接线
在停电动机时，声响异常	减压时间不正确	试用不同的减压时间（为获得理想效果，可能要做多次调整）
如果使用硬输入起动信号，电动机是不会起动的	1. 控制连接不正确 2. 起动和停止信号同时发出 3. 键盘处于 本地控制 菜单	1. 检查起动和停止的连线 2. 检查起动和停止信号是否同时发送 3. 检查键盘是否处于 本地控制 菜单或检查参数 本地控制 是否没被激活
使用总线通信输入起动信号时，电动机是不会起动的	总线参数设置错误	检查是否已激活 总线控制，检查 允许 位是否使用，检查 可编程输入 是否设置正确

（续）

故障现象	原因	检修方法
LCD 显示屏显示的电流与电动机上的电流不一致	“内接”接线方式	若软起动器“内接”接线，显示的电流应为电动机电流的 58%
LCD 显示的电流不稳定	1. 电动机功率太小 2. 电动机的负载太小（电流超出了可测的范围）	1. 检查软起动器是否符合电动机功率 2. 如有可能，增加负载或检查软起动器与电动机功率是否配合
参数下载工作不正常	总线设置	根据实际使用的总线类型可参阅相关资料

8.10　奥托软起动器 QB3、QB4 的常见故障及检修方法（见表 8-6）

表 8-6　奥托软起动器 QB3、QB4 常见故障及检修方法

故障现象	原因	检修方法
通电后电源灯未亮	1. 外部电源未接入 2. 控制板故障	1. 检查电源 2. 更换控制板
起动后起动灯未亮	1. 13、14 端子未加入起动信号 2. 控制板故障	1. 加入起动信号 2. 更换控制板
短路保护	1. 旁路接触器未完全断开 2. 电动机断相 3. 晶闸管短路 4. 滤波板击穿短路	1. 检修旁路接触器 2. 检修电动机及其连线 3. 更换晶闸管 4. 更换滤波板

（续）

故障现象	原因	检修方法
过热保护	1. 起动结束后未旁路 2. 起动过于频繁 3. 风扇损坏	1. 检查旁路接触器及其电路 2. 延长起动间隔时间 3. 更换风扇
起动终止	1. 软起动器保护 2. 起动信号消失 3. 软起动器故障	1. 检查保护类型 2. 检查 13、14 端子 3. 检修软起动器
断相保护	电源断相	检查电源
旁路时跳闸	旁路接触器与软起动器相序不一致	检查接线
旁路后接触器跳开	1. 旁路接触器不能自保 2. 热继电器保护	1. 检查电路 2. 检查保护原因
起动时间很短并保护	1. 起始电压过高 2. 起动时间过短	1. 降低起始电压 2. 增加起动时间
热继电器动作	热继电器整定值偏小	增加整定值
起动时电动机电流波动较大	1. 电流互感器故障 2. 控制板故障	1. 更换电流互感器 2. 更换控制板
旁路接触器不动作	1. 外围电路故障 2. 控制板故障	1. 检查外围电路 2. 更换控制板

8.11　WJR 节电型软起动器的常见故障及检修方法（见表 8-7）

表 8-7　WJR 节电型软起动器的常见故障及检修方法

代码	故障说明	检修方法
Err01	断相	主电压任意一相断线
Err02	过电流	超过额定电流 1.2 倍
Err03	过载	额定电流设定值小或电动机超载
Err04	三相不平衡	任意两相电流之差大于 25% 时保护
Err05	晶闸管过热	温度大于 70℃时保护
Err06	A 相晶闸管故障	A 相晶闸管短路
Err07	B 相晶闸管故障	B 相晶闸管短路
Err08	C 相晶闸管故障	C 相晶闸管短路
Err09	无触发时有电流	停机状态下负载有电流
Err10	无负载	输出端（U、V、W）悬空
Err11	逆相	电源输入端逆相
Err12	外部故障	外部设备故障

8.12　摩普 XLD 系列软起动器的常见故障及检修方法（见表 8-8）

表 8-8　摩普 XLD 系列软起动器常见故障及检修方法

故障现象	可能显示的指示灯	原因	检修方法
接通电源时一根主熔体熔断或断路器断开	“分流跳闸”指示灯	1. 电源输入端短路 2. 晶闸管故障	1. 检查并排除短路 2. 参照晶闸管检查程序，断电检查晶闸管
起动时熔体断或断路器断开	过电流灯亮，断相灯亮	1. 电路短路，电动机或电缆接地故障 2. 断相 3. 电路保护器整定值不当 4. 晶闸管故障 5. 单相输入电源故障 6. 主电路板故障	1. 检查并排除短路或电动机接地故障 2. 找出断相原因并检修 3. 修改适当整定值 4. 断电检查，参照晶闸管的检查程序 5. 排除输入电源故障 6. 断电更换主电路板，参照更换程序
起动时电动机过载跳闸	“过载”灯亮	1. 过载调整不当 2. 电动机过载 3. 限流值太小 4. 起动调节不当	1. 重新调整过载 2. 减轻电动机负载 3. 增大电动机限流值 4. 重新调节起动

（续）

故障现象	可能显示的指示灯	原因	检修方法
起动和运行中相间电流严重不平衡	“断相”灯亮	1. 电动机故障 2. 电路故障 3. 主控板故障	1. 检修 2. 检修换线 3. 更换主控板
运行中电动机停转	“短路”灯亮	注意：这是严重故障，在重新起动之前必须修好并排除	
		1. 负载短路，接地故障 2. 主控板故障	1. 断电后检查 2. 更换主控板
接通控制电源时控制电路熔体熔断	全部指示灯灭	1. 控制电路短路 2. 控制电压不当	1. 断电后检查，更换 2. 给控制板供正确电压
运行中热继电器跳闸	“过热”灯亮	1. 散热器上灰尘太多 2. 风扇不工作 3. 电流过大 4. 环境温度超过 50℃（面板式）或环境温度超过 40℃（封装式）	1. 断电后用高压气清理散热器（80 ~ 100lbf/in²㊀清洁干燥气） 2. 若风扇有电则更换风扇，若无电则检修电源 3. 使运行电流不超过额定值 4. 将装置安装在低温的环境中，不要超过额定温度

㊀ 1lbf/in² = 6.895kPa。

（续）

故障现象	可能显示的指示灯	原因	检修方法
电动机不起动	全部指示灯灭 “电源”灯灭 “起动”灯灭 “断相”灯灭 “短路晶闸管”灯亮	1. 控制板上无控制电源 2. 控制电源变压器故障或控制电源熔体故障 3. 起动电路接线错误 4. 没起动命令 5. 没三相电 6. 主控板故障 7. 控制器逻辑电路故障 8. 晶闸管短路 9. 主控板熔体故障	1. 向 TB1 的 1 和 6 触头之间供电 2. 断电后更换控制电源变压器或控制电源熔体 3. 断电后纠正起动电路接线 4. 施加起动命令 5. 给装置供三相电 6. 更换主控板 7. 断电后修理 8. 检修并更换短路的晶闸管 9. 更换排除故障
电动机振动或噪声大	“断相”灯亮	1. 电动机故障（不匹配） 2. 晶闸管故障 3. 晶闸管门极/阴极故障 4. 主控板故障	1. 检查电动机及接线 2. 断电后检查晶闸管 3. 检修并更换晶闸管 4. 更换主控板

8.13　摩普 PSI、VLC/VLS 系列软起动器的常见故障及检修方法（见表 8-9）

表 8-9　摩普 PSI、VLC/VLS 系列软起动器常见故障及检修方法

故障现象	可能显示的指示灯	原因	检修方法
接通电源时一根主熔体熔断或断路器断开	“故障”和“分流跳闸”指示灯亮	1. 电源输入端短路 2. 晶闸管故障	1. 检查并排除短路 2. 参照晶闸管检查程序，断电检查晶闸管
电动机振动或噪声大	“故障”和“断相”灯亮	1. 电动机故障 2. 晶闸管故障 3. 晶闸管门极/阴极故障 4. PSB1000 主控板故障	1. 检查电动机及接线 2. 断电后检查晶闸管 3. 检修并更换晶闸管 4. 更换 PSB1000 主控板
起动和运行中相间电流严重不平衡	“故障”和“断相”灯亮	1. 电动机或电路故障 2. 电路故障 3. PSB1000 主控板故障	1. 检修 2. 检修换线 3. 更换 PSB1000 主控板

（续）

故障现象	可能显示的指示灯	原因	检修方法
电动机不起动	全部指示灯灭 “电源”灯灭 “起动”灯灭 “故障”和“断相”灯亮 “故障”和“短路晶闸管”灯亮	1. 控制板上无控制电源（TCB2000控制板） 2. 控制电源变压器故障或控制电源熔体故障 3. 起动电路接线错误 4. 没起动命令 5. 没三相电 6. TCB2000控制板熔体F2熔断 7. PSB1000主控板熔体F1故障 8. PSB1000主控板故障 9. 控制器逻辑电路故障 10. TCB2000控制板故障 11. 晶闸管短路	1. 向TCB2000控制板上TB1的1和9触头之间供电 2. 断电后更换控制电源变压器或控制电源熔体 3. 断电后纠正起动电路接线 4. 施加起动命令 5. 给装置供三相电 6. 更换熔体 7. 更换排除故障 8. 更换PSB1000主控板 9. 断电后修理 10. 检修并更换熔体 11. 检修并更换短路的晶闸管
运行中电动机过载跳闸	“故障”与“过载”灯亮	1. 电动机过载，全速运行时电流超限 2. 过载调节不当	1. 减轻负载 2. 重调过载

（续）

故障现象	可能显示的指示灯	原因	检修方法
运行中热继电器跳闸	“故障”和“过热”灯亮	1. 散热器上灰尘太多 2. 风扇不工作 3. 电流过大 4. 环境温度超过 120℃（面板式）或环境温度超过 104℃（封装式）	1. 断电后用高压气清理散热器（80 ~ 100lbf/in^2 清洁干燥气） 2. 若风扇有电，则更换风扇，若无电则检修电源 3. 使运行电流不超过额定值 4. 将装置安装在低温的环境中，不要超过额定温度
运行中电动机停转	“故障”和“短路”灯亮	注意：这是严重故障，在重新起动之前必须修好并排除	
		1. 负载短路，接地故障 2. PSB1000 主控板故障	1. 断电后检查 2. 更换 PSB1000 主控板
接通控制电源时控制电路熔体熔断	全部指示灯灭	控制电路短路，控制电压不当	断电后检查、更换，给控制板供正确电压

（续）

故障现象	可能显示的指示灯	原因	检修方法
起动时熔体断或电路断路器断开	“故障”和“短路”灯亮 “故障”和“断相”灯亮	1. 电路短路，电动机或电缆接地故障 2. 断相 3. 电路保护器整定值不当 4. 晶闸管故障 5. 单相输入电源故障 6. PSB1000 主电板故障	1. 检查排除短路或电动机接地故障 2. 找出断相原因并检修 3. 修改适当整定值 4. 断电检查，参照晶闸管的检查程序 5. 排除输入电源故障 6. 断电更换主电路板，参照晶闸管更换程序
起动时电动机过载跳闸	“故障”和“过载”灯亮	1. 过载调节不当 2. 电动机过载 3. 限流太小 4. 起动调节不当	1. 调节过载 2. 减轻电动机负载 3. 增大电动机限流值 4. 重新调节起动

图书在版编目（CIP）数据

电工常用维修技能随身学/凌玉泉，黄海平等编．—北京：机械工业出版社，2012.11
（随时随地轻松学电工丛书）
ISBN 978-7-111-40072-1

Ⅰ.①电… Ⅱ.①凌…②黄… Ⅲ.①电工—维修—基本知识 Ⅳ.①TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 243629 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：张俊红 责任编辑：闾洪庆
版式设计：霍永明 责任校对：张 薇
封面设计：马精明 责任印制：乔 宇
北京瑞德印刷有限公司印刷（三河市胜利装订厂装订）
2013年1月第1版第1次印刷
119mm×165mm · 12.75 印张 · 242 千字
0001—4000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-40072-1
定价：29.90 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
电话服务 网络服务
社 服 务 中 心：(010)88361066 教材网：http://www.cmpedu.com
销 售 一 部：(010)68326294 机工官网：http://www.cmpbook.com
销 售 二 部：(010)88379649 机工官博：http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：(010)88379203 **封面无防伪标均为盗版**

随时随地轻松学电工丛书



随时随地轻松学电工丛书

电工常用维修技能随身学
电工常用经典线路随身学
电工常用操作技能随身学
电工常用电子线路随身学
电工常用内外线操作随身学
电工常用电动机电路及维修随身学

上架指导 工业技术/电工技术

ISBN 978-7-111-40072-1

策划编辑◎张俊红 / 封面设计◎马精明

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037

电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203

网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

ISBN 978-7-111-40072-1

9 787111 400721 >

定价：29.90元